

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Análisis de la interacción suelo-estructura en el comportamiento  
sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en la  
Molina, Nueva Cajamarca, 2023

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Daniel Yajahuanca Córdova**

**ASESOR**

**Manuel Ismael Laurencio Luna**

**Rioja, Perú**

**2024**

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos del autor**

Nombres	DANIEL
Apellidos	YAJAHUANCA CORDOVA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	76336701
Número de Orcid (opcional)	

**Datos del asesor**

Nombres	MANUEL ISMAEL
Apellidos	LAURENCIO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-5992-0202

**Datos del Jurado****Datos del presidente del jurado**

Nombres	VICTOR
Apellidos	GARCES DIAZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

**Datos del segundo miembro**

Nombres	FELIX GERMAN
Apellidos	DELGADO RAMIREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	22264222

**Datos del tercer miembro**

Nombres	ALCIBIADES
Apellidos	BANCES MEZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	44127737

**Datos de la obra**

Materia*	balasto, solicitudes, deriva y período
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a>
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	732016

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA N° 054-2024-UCSS-FI/TPICIV**

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL  
FILIAL RIOJA: NUEVA CAJAMARCA**

**Los Olivos, 13 de marzo del 2024**

Siendo las 14:35 horas del 13 de marzo del 2024, en el Aula 302 - Pabellón 2 – Campus Gonzales Prada - Sede Lima de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

**Análisis de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en la Molina, Nueva Cajamarca, 2023**

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

**YAJAHUANCA CORDOVA, DANIEL**

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor

Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix German

Ing. BANCES MEZA, Alcibíades

Presidente

Secretario

Miembro

Siendo las 16:05 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

**APROBADO**

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller YAJAHUANCA CORDOVA, DANIEL el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,

.....  
**Ing. BANCES MEZA, Alcibíades**  
**Miembro**

.....  
**Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix German**  
**Secretario**

.....  
**Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor**  
**Presidente**

**Anexo 2**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Lima, 11 de marzo de 2024

Señor VICTOR GARCES DIAZ  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ingeniería - UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **Análisis de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en la Molina, Nueva Cajamarca, 2023**, presentado por **YAJAHUANCA CORDOVA, DANIEL** (código de 2018102483 y DNI 76336701) para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 11 %** (poner el valor del porcentaje).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



---

Laurencio Luna, Manuel Ismael  
DNI N°: 42362708  
ORCID: 0000-0002-5992-0202  
Facultad de Ingeniería - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **Dedicatoria**

Para mi mamá Laudina.  
Esto es por y para usted.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero expresar mi más profunda gratitud a Dios, por haberme dado el don de la vida, la fortaleza y la sabiduría para culminar esta etapa profesional.

A mis padres, Isaías y Laudina que, con su amor y apoyo incondicional, han sido el pilar fundamental en mi formación académica y personal. A mi padre que, aunque ya no está en este plano terrenal, sigue siendo una guía y una inspiración constante desde el cielo. A ellos, mi eterno agradecimiento. A Gaby, Celia, Marleni, Abraham y Magdaly, cuyo amor fraternal y apoyo constante han sido un faro de luz. Su presencia ha significado un impulso constante en estos años de aprendizaje.

Mi sincero agradecimiento al Msc. Laurencio, mi asesor, quien, con sus valiosas enseñanzas y consejos, ha encaminado mi trabajo de investigación. Su sabiduría y paciencia han sido fundamentales para que, hoy, pueda optar por el título de Ingeniero Civil.

A Keivi Jeanina, cuyo apoyo constante y esmerado ha sido un impulso en cada momento. Su presencia ha sido una motivación constante en estos años de aprendizaje.

A la Profesora Olga y a la Licenciada Melva quienes, con su dedicación y esfuerzo, han sido las responsables de que me encuentre en este tramo de mi carrera. A ellas, mi agradecimiento sincero e infinito.

Finalmente, a todos aquellos que de una u otra manera, han contribuido a mi formación académica y personal. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo estimar el efecto de la interacción suelo - estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023. En este estudio, se aplicó una metodología con enfoque cuantitativo, con un diseño experimental y un alcance explicativo. Adicionalmente, se emplearon 6 instrumentos de ficha de control y el estadístico de Wilcoxon. Asimismo, se aplicó la técnica del estudio causal comparativo. En el desarrollo, se emplearon hojas de cálculos Excel y el software Etabs. Como resultados se obtuvieron el balasto vertical ( $C_1$ ) y horizontal ( $C_2$ ), la densidad de muros, el esfuerzo axial, las sollicitaciones, las derivas y el período fundamental. Se concluyó que los coeficientes  $C_1 = 2136.44 \text{ t/m}^3$  y  $C_2 = 183.209 \text{ t/m}$  corresponden a un suelo blando S3, cuyas propiedades aumentan la flexibilidad de la cimentación. También, las fuerzas cortantes y los momentos flectores se redujeron, mientras que, los desplazamientos se incrementaron en un promedio del 120%. Se constató el aumento del periodo fundamental en el edificio respecto al modelo tradicional. Además, se comprobó que la interacción – suelo estructura brinda resultados más precisos y reales en suelos blandos que la consideración de base empotrada.

***Palabras claves:*** balasto, sollicitaciones, deriva y período.



## **Abstract**

The objective of the research was to estimate the effect of soil - structure interaction on the seismic behavior of a 5-story confined masonry building in La Molina, Nueva Cajamarca, 2023. In this study, a quantitative approach methodology was applied, with an experimental design and an explanatory scope. In addition, six control card type instruments and the Wilcoxon statistic were used. The comparative causal study technique was also applied. Excel spreadsheets and Etabs software were used in the development. The results obtained were the vertical (C1) and horizontal (C2) ballast, wall density, axial force, stresses, drifts and the fundamental period. It was concluded that the coefficients  $C1 = 2136.44 \text{ t/m}^3$  and  $C2 = 183.209 \text{ t/m}$  correspond to a soft soil S3, whose properties increase the flexibility of the foundation. Also, shear forces and bending moments were reduced and displacements increased by an average of 120%. It was also found that the fundamental period of the building increased with respect to the traditional model. With all this, it was proven that the soil-structure interaction provides more accurate and realistic results in soft soils than the embedded foundation consideration.

**Keywords:** Ballast, stresses, drift and period.

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Resumen .....	iv
Abstract.....	v
Índice .....	vi
Índice de figuras .....	ix
Índice de tablas .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1.    Formulación del problema .....	4
1.1.1. Problema principal.....	4
1.1.2. Problemas específicos.....	4
1.2.    Objetivos de investigación .....	5
1.2.1. Objetivo principal .....	5
1.2.2. Objetivos específicos .....	5
1.3.    Justificación e importancia de la investigación.....	5
1.3.1. Justificación metodológica.....	5
1.3.2. Justificación práctica.....	6
1.3.3. Justificación social económica.....	6
1.3.4. Importancia .....	6
1.4.    Delimitación del área de investigación .....	7
1.4.1. Delimitación de la investigación.....	7
1.4.2. Delimitación espacial.....	7
1.4.3. Delimitación temporal .....	9
1.1.    Limitaciones de la investigación .....	9

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Antecedentes nacionales e internacionales .....	10
2.1.1. Internacionales.....	10
2.1.2. Nacionales .....	11
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Interacción suelo - estructura.....	12
2.2.2. Análisis sismorresistente estático o de fuerzas estática equivalentes .	19
2.2.3. Albañilería confinada.....	24
2.3. Definición de términos básicos .....	27
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
3.1. Hipótesis principal.....	28
3.2. Hipótesis secundarias .....	28
3.3. Variables de la investigación.....	28
3.3.1. Variable independiente .....	28
3.3.2. Variable dependiente .....	28
3.4. Operacionalización de las variables .....	29
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
4.1. Diseño de Ingeniería.....	30
4.2. Métodos y técnicas del proyecto .....	31
4.2.1. Enfoque de la investigación .....	31
4.2.2. Alcance de la investigación .....	31
4.2.3. Diseño de la investigación .....	31
4.3. Diseño estadístico.....	31
4.4.1. Población.....	31
4.4.2. Muestra .....	32
4.4. Técnicas y herramientas estadísticas.....	32
4.4.1. Técnicas para la investigación .....	32

4.4.2.	Instrumentos para la recolección de datos .....	32
4.4.3.	Tabla de actividades.....	33
4.4.4.	Tabla de matriz de consistencia .....	34
CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL .....		38
5.1.	Proyecto piloto, pruebas, ensayos, prototipos, modelamiento. ....	38
5.1.1.	Parámetros físicos y resistentes del suelo de fundación .....	38
5.1.2.	Arquitectura de los edificios en estudio.....	41
5.1.3.	Predimensionamiento y estructuración de los edificios en estudio ....	42
5.1.4.	Modelamiento de los edificios .....	52
5.2.	Aplicación estadística .....	63
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....		67
6.1.	Beneficios no financieros .....	67
6.2.	Evaluación del impacto social y/o ambiental .....	67
6.3.	Evaluación económica financiera.....	68
CAPÍTULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		70
6.1.	Resultados .....	70
6.1.1.	Esfuerzo axial máximo .....	70
6.1.2.	Fuerzas internas de los edificios .....	83
6.1.3.	Control de derivas de los edificios.....	98
6.1.4.	Cortante basal, período fundamental y frecuencias .....	102
6.2.	Conclusiones .....	105
6.3.	Recomendaciones.....	107
APÉNDICE Y ANEXOS .....		108
i)	Referencias bibliográficas.....	108
ii)	Anexos: instrumentos de investigación .....	112
iii)	Anexos: estudio de suelos y planos del edificio .....	118

## Índice de figuras

Figura 1 Zona geográfica del área de la vivienda en estudio .....	8
Figura 2 Delimitación catastral de la vivienda en estudio.....	9
Figura 3 Componentes de la interacción suelo - estructura.....	13
Figura 4 Clasificación de la interacción suelo - estructura.....	13
Figura 5 Desplazamientos laterales con y sin ISE.....	15
Figura 6 Representación gráfica del modelo de Winkler .....	16
Figura 7 Idealización de modelo de Pasternak .....	17
Figura 8 Definición del coeficiente de balasto .....	18
Figura 9 Parámetros de coeficientes de balasto.....	18
Figura 10 Organigrama del diseño de la ingeniería.....	30
Figura 11 Perfil geotécnico de la calicata C-1.....	39
Figura 12 Detalle de cimentación de edificio en estudio.....	51
Figura 13 Materiales y secciones tipo Frame .....	52
Figura 14 Creación de las losas macizas bidireccionales .....	52
Figura 15 Creación de los muros portantes de $t=13$ cm .....	53
Figura 16 Creación de muros portantes de $t=24$ cm.....	53
Figura 17 Modelo estructural del edificio 5 .....	54
Figura 18 Distribución estructural del edificio 5.....	55
Figura 19 Asignación de cargas del edificio 5 .....	56
Figura 20 Asignación de base empotrada.....	57
Figura 21 Asignación del coeficiente de balasto vertical para dos estratos .....	57
Figura 22 Asignación del balasto horizontal .....	58
Figura 23 Distribución de los balastos asignados.....	58
Figura 24 Diseño según el modelo de Pasternak.....	59
Figura 25 Fuerza gravitacional para ISE .....	60
Figura 26 Fuerza gravitacional para base empotrada .....	60
Figura 27 Análisis sísmico en el eje X .....	61
Figura 28 Análisis sísmico en el eje Y .....	61
Figura 29 Comportamiento sísmico en el eje X .....	62
Figura 30 Comportamiento sísmico en el eje YX .....	63
Figura 31 Comparación de inversión de ambos métodos.....	69

Figura 32 Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 1.....	71
Figura 33 Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 1.....	72
Figura 34 Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 2.....	73
Figura 35 Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 2.....	74
Figura 36 Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 3.....	75
Figura 37 Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 3.....	77
Figura 38 Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 4.....	79
Figura 39 Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 4.....	80
Figura 40 Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 5.....	81
Figura 41 Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 5.....	82
Figura 42 Fuerzas cortantes del edificio 5 - base empotrada .....	95
Figura 43 Momentos flectores del edificio de 5 pisos - base empotrada .....	96
Figura 44 Fuerza cortante de edificios 5 - ISE .....	97
Figura 45 Momento flector de edificios 5 - ISE.....	97
Figura 46 Control de derivas - edificio 1.....	98
Figura 47 Control de derivas - edificio 2.....	99
Figura 48 Control de derivas - edificio 3.....	100
Figura 49 Control de derivas - edificio 4.....	101
Figura 50 Control de derivas - edificio 5.....	101
Figura 51 Porcentaje de variación de cortante basal .....	102
Figura 52 Comparación del período fundamental de la estructura.....	103
Figura 53 Comparación de las frecuencias de vibración.....	104
Figura 54 Formato de instrumento 1 .....	112
Figura 55 Formato de instrumento 2 .....	113
Figura 56 Formato de instrumento 3 .....	114
Figura 57 Formato del instrumento 4 .....	115
Figura 58 Formato de instrumento 5 .....	116
Figura 59 Formato de instrumento 6 .....	117

## Índice de tablas

Tabla 1 Delimitación de la investigación .....	7
Tabla 2 Coordenadas geográficas de la vivienda de estudio .....	7
Tabla 3 Zonificación del área de estudio .....	22
Tabla 4 Factor de suelo en función de zona sísmica .....	22
Tabla 5 Períodos $T_P$ y $T_L$ en función del tipo de suelo.....	23
Tabla 6 Categoría y factor de uso de viviendas.....	23
Tabla 7 Irregularidad de altura .....	24
Tabla 8 Irregularidad de planta.....	24
Tabla 9 Limitaciones de uso de unidades de albañilería .....	25
Tabla 10 Características de unidades de albañilería.....	25
Tabla 11 Tabla de operacionalización de variables del proyecto.....	29
Tabla 12 Cronograma de ejecución de actividades para la elaboración de tesis .....	33
Tabla 13 Matriz de consistencia de la investigación .....	34
Tabla 14 Parámetros físicos y resistentes del suelo.....	38
Tabla 15 Coeficiente de Poisson y módulo de elasticidad de C-1.....	40
Tabla 16 Densidad de muros en dirección X-X del edificio 1 .....	44
Tabla 17 Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 1 .....	44
Tabla 18 Densidad de muros en dirección X-X del edificio 2 .....	45
Tabla 19 Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 2 .....	45
Tabla 20 Densidad de muros en dirección X-X del edificio 3 .....	46
Tabla 21 Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 3 .....	46
Tabla 22 Densidad de muros en dirección X-X del edificio 4 .....	47
Tabla 23 Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 4 .....	48
Tabla 24 Densidad de muros en dirección X-X del edificio de 5 pisos .....	49
Tabla 25 Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio de 5 pisos .....	49
Tabla 26 Estructuración del edificio en estudio .....	50
Tabla 27 Resultados de la prueba de normalidad .....	64
Tabla 28 Estadístico de prueba de la hipótesis general .....	64
Tabla 29 Estadístico de prueba de la hipótesis secundaria 1 .....	65
Tabla 30 Estadístico de prueba de la hipótesis secundaria 2.....	65
Tabla 31 Estadístico de prueba de la hipótesis secundaria 3.....	66

Tabla 32 Inversión de cursos afines a la tesis.....	68
Tabla 33 Costo de estudio de mecánica de suelos.....	68
Tabla 34 Inversión para ambos métodos de análisis .....	69
Tabla 35 Esfuerzo axial en el eje X – edificio 1.....	70
Tabla 36 Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 1.....	71
Tabla 37 Esfuerzo axial en el eje X del – edificio 2.....	72
Tabla 38 Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 2.....	74
Tabla 39 Esfuerzo axial en el eje X – edificio 3.....	75
Tabla 40 Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 3.....	76
Tabla 41 Esfuerzo axial en el eje X – edificio 4.....	77
Tabla 42 Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 4.....	79
Tabla 43 Esfuerzo axial en el eje X – edificio 5.....	81
Tabla 44 Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 5.....	82
Tabla 45 Fuerza corte en el eje X – edificio 1 .....	83
Tabla 46 Momento flector en el eje X – edificio 1.....	83
Tabla 47 Fuerza corte en el eje Y – edificio 1 .....	84
Tabla 48 Momento flector en el eje Y – edificio 1.....	84
Tabla 49 Fuerza corte en el eje X – edificio 2.....	85
Tabla 50 Momento flector en el eje X – edificio 2.....	85
Tabla 51 Fuerza corte en el eje Y – edificio 2.....	86
Tabla 52 Momento flector en el eje Y – edificio 2.....	86
Tabla 53 Fuerza corte en el eje X – edificio 3.....	87
Tabla 54 Momento flector en el eje X – edificio 3.....	87
Tabla 55 Fuerza corte en el eje Y – edificio 3.....	88
Tabla 56 Momento flector en el eje Y – edificio 3.....	88
Tabla 57 Fuerza corte en el eje X – edificio 4.....	89
Tabla 58 Momento flector en el eje X – edificio 4.....	90
Tabla 59 Fuerza corte en el eje Y – edificio 4.....	91
Tabla 60 Momento flector en el eje Y – edificio 4.....	91
Tabla 61 Fuerza cortante en el eje X – edificio 5.....	92
Tabla 62 Momento flector en el eje X – edificio 5.....	93
Tabla 63 Fuerza cortante en el eje Y – edificio 5.....	93
Tabla 64 Momento flector en el eje Y – edificio 5.....	94
Tabla 65 Derivas del edificio 1.....	98



Tabla 66 Derivas del edificio 2.....	99
Tabla 67 Derivas del edificio 3.....	99
Tabla 68 Derivas del piso 4 .....	100
Tabla 69 Derivas del edificio 5.....	101
Tabla 70 Cortante basal de los edificios .....	102
Tabla 71 Período fundamental de la estructura .....	103
Tabla 72 Frecuencias de vibración del edificio .....	104

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los sismos representan una amenaza notable para la seguridad de las estructuras y de las personas. Por tal motivo, se vuelve esencial el estudio del comportamiento sísmico de los edificios para garantizar su resistencia sísmica y su capacidad de respuesta ante tales eventos. Por ello, en las últimas décadas, se ha implementado el análisis de las estructuras considerando la interacción de suelo con la misma, el cual evalúa al suelo como un elemento fundamental dentro del comportamiento sismorresistente del edificio. En el Perú, durante muchos años, se consideró la condición de apoyo empotrado en la base en el análisis de los edificios. Sin embargo, esta restricción establece que el material sobre el que descansa la estructura es un terreno indeformable y rígido. Esto significa que la condición de apoyo empotrado tiene una rigidez infinita y, por lo tanto, no posee ningún desplazamiento vertical u horizontal. Tal condición es poco realista debido a los movimientos de asentamiento, traslación y rotación en los cimientos del edificio (Villarreal & Águila, 2021). Por ello, surge la necesidad de evaluar el comportamiento de edificios de albañilería confinada donde se considere al suelo como un elemento que interactúa de manera global y participativa con la estructura y analizar las ventajas de esta metodología en la evaluación sísmica de edificaciones. En tal sentido, se plantea analizar el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante el diseño modal espectral e interacción suelo – estructura en la Molina -Nueva Cajamarca.

En el primer capítulo se presenta la problemática de la investigación. En este acápite se muestran los motivos que inducen a realizar la presente tesis. Asimismo, mediante los objetivos se plasma de manera concisa el propósito de la misma y se aborda la justificación y delimitación de la temática tratada.

En el segundo capítulo se desarrolla la búsqueda de información en diferentes fuentes de investigación como artículos de revistas indexadas. El propósito de esta investigación exhaustiva es obtener antecedentes de metodologías, métodos y criterios del diseño considerando la interacción suelo – estructura. De igual modo, se evalúa el uso de softwares e instrumentos utilizados en el desarrollo de la metodología. Se profundiza acerca del método de Pasternak, el mismo que se aplica en toda la investigación.

En el tercer capítulo se abordan las hipótesis con elevada probabilidad de cumplimiento que la interacción suelo – estructura afecta al comportamiento sísmico del

edificio de albañilería. Se establece las variables y los indicadores que permiten orientar y desarrollar adecuadamente la problemática planteada.

En el cuarto capítulo se diseña el proceso de aplicación de la metodología interacción suelo - estructura, la metodología aplicable junto con delimitación poblacional y muestral del edificio en estudio. Se seleccionó un edificio de 5 pisos para el estudio y se incluyó 4 edificios más para evaluar, de manera más precisa, el comportamiento de la estructura al aplicar la metodología de interacción suelo – estructura.

En el quinto capítulo se aborda el desarrollo experimental a través de la evaluación de los parámetros físicos y resistentes del suelo de fundación. Se determina los coeficientes de balasto verticales y horizontales. Asimismo, se estructura el edificio, considerando la distribución arquitectónica del edificio y se analiza la densidad mínima de muros. Luego se realiza el análisis de normalidad y se aplica el estadístico de Wilcoxon, dado que los valores analizados no cumplen con la distribución normal.

En el quinto capítulo se plantea la justificación económica donde se postula los beneficios de la aplicación de interacción suelo – estructura en el aspecto académico, social y ambiental. Se observa que el análisis tradicional de base empotrada es menos costoso que la metodología en estudio; pero que su aplicación justifica el adicional de inversión. Esto se debe a que la interacción suelo - estructura permite predecir con mayor exactitud el comportamiento del edificio ante un evento sísmico.

Finalmente, en el sexto capítulo, se analiza los resultados obtenidos del diseño mediante la condición de empotrado en la base y la interacción suelo – estructura, donde se evalúa y compara cada factor obtenido. Se compara el esfuerzo máximo y la verificación de fisuración; además, se analiza las fuerzas internas de los muros portantes de la edificación y también los desplazamientos y periodos de vibración del edificio. Se contrasta que los valores divergen en porcentajes considerables.

## CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño sismorresistente es una especialidad de la ingeniería civil cuya filosofía consiste en impedir la pérdida de las vidas humanas y disminuir los daños a la estructura frente a un evento sísmico (Muñoz, 2020). Para este propósito, el avance tecnológico ha ayudado a sofisticar los métodos de análisis computacionales de modo que simulan, de manera cada vez más precisa, el comportamiento de los edificios ante un sismo. Asimismo, se destaca el compromiso de los ingenieros civiles quienes, en un esfuerzo académico y profesional, han propuesto métodos cada vez más exactos y rigurosos que facilitan la comprensión real del comportamiento sísmico de la estructura. La metodología de la interacción suelo – estructura es una consecuencia de dichos denuedos. Este método permite analizar cómo las deformaciones diferenciales del terreno afectan significativamente en la distribución de las fuerzas a lo largo de toda la estructura y que, de hacer caso omiso a esta amenaza, se compromete la seguridad de los edificios (Galicia & León, 2007). En contraposición con lo dispuesto en la NTE - E.030 que considera la idealización de la base como empotrada, la interacción suelo - estructura emplea la flexibilidad del suelo mediante coeficientes de resorte verticales y horizontales, llamados balastos, que idealizan el comportamiento real del suelo. No obstante, esta innovación metodológica no se aborda con detalle en la norma sismorresistente peruana, donde solo se desarrolla un artículo, el numeral 30.2.6, el cual menciona que se puede considerar la interacción del suelo con estructura sin ahondar más en dicha metodología, dejando un vacío en la aplicación de este método para nuestro país (Villarreal, 2009).

A nivel internacional, existen múltiples investigaciones de diseño con interacción suelo – estructura en diversas estructuras como mercados, hoteles, edificios de oficinas y colegios (Araca et al., 2020), pero no se profundiza en la comparativa con viviendas unifamiliares y multifamiliares. Asimismo, a nivel nacional, existen escasas investigaciones en revistas indexadas direccionadas al estudio de la interacción suelo estructura en viviendas de albañilería confinada, siendo este último el sistema de construcción más usado en nuestro país (Medina & Blasco, 2022). Del mismo modo, a nivel local, no se ha realizado ningún proyecto de investigación que analice la interacción del suelo con la estructura en ningún tipo de edificación de albañilería, pese a que este sea el sistema constructivo más empleado en Nueva Cajamarca. Por tales motivos, la investigación que se realizó es innovadora dado que permite evaluar los factores que se modifican por el tipo de análisis sísmico y

consideración del suelo tales como las fuerzas cortantes y momentos flectores, derivas y período natural de la estructura.

Análogamente, la necesidad del diseño sismorresistente idóneo obedece a la ubicación geográfica del Perú. Este se ubica dentro del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, lugar donde se ubican las placas de convergencia que se caracterizan por ocasionar el fenómeno de subducción debido a la colisión de la placa del Pacífico con la placa de Nazca. Dicho fenómeno provoca una elevada sismicidad que se manifiesta mediante terremotos y tsunamis (Yauri, 2017). En la misma línea, Nueva Cajamarca se encuentra en la zona 3 de la división sísmica del Perú. Esto se debe, en gran parte, a su ubicación geográfica entre las fallas geológicas activas de Pucatanbo y Angaiza (Zerga, 2006). Otro aspecto que se suma a esta problemática es el incremento del porcentaje de la construcción de viviendas autoconstruidas, sin previo estudio técnico como ensayo de suelos, metrado de cargas y el análisis estructural y sísmico adecuado.

Con respecto al método de diseño se observa que no existe demasiada bibliografía nacional e inclusive la normativa de diseño sismorresistente lo contempla de manera breve, pese a que, a nivel internacional, se viene desarrollando dicho método desde hace décadas. Por ello, en esta investigación se modela y evalúa el comportamiento de un edificio de albañilería considerando el diseño convencional establecido en la NTE - E.030 y la propuesta de interacción suelo - estructura (Gallegos, 2018) con el propósito de conocer la variación de los resultados e incentivar a la aplicación de la metodología propuesta en esta investigación.

## **1.1. Formulación del problema**

### ***1.1.1. Problema principal***

¿Cuánto afecta la interacción suelo - estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca 2023?

### ***1.1.2. Problemas específicos***

¿Cuáles son las propiedades resistentes del suelo de fundación en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos?

¿Cuáles son las fuerzas internas en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura?

¿Qué tanto inciden las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 piso en comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura?

## **1.2. Objetivos de investigación**

### ***1.2.1. Objetivo principal***

- Estimar el efecto de la interacción suelo - estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

- Determinar las propiedades resistentes del suelo de fundación que influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.
- Calcular las fuerzas internas que modifican el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura.
- Evaluar las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos que inciden en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

### ***1.3.1. Justificación metodológica***

El estudio de la edificación de albañilería confinada de 5 pisos se detalló de manera minuciosa. Se empezó con el estudio de suelo donde se ha edificado la estructura, luego se procedió con la estructuración de acuerdo a los criterios que establece la normativa y finalmente se realizará el diseño sísmico considerando la base empotrada y la interacción del suelo con la estructura. También se evaluó el aspecto económico tanto en el procedimiento de análisis con ambas metodologías. Con respecto al diseño empotrado en la base se analizó en función a parámetros de suelo del lugar de estudio y los criterios de las normas peruanas, la norma NTE - E.020, NTE - E.030 y NTE - E.070. Con estos datos se procedió a interpretar la estructura mediante un software estructural como Etabs verificando los períodos de vibración, comportamiento modal del edificio y los desplazamientos máximos. Por otra parte, el diseño estático de interacción suelo - estructura se aplicó a través del modelo de Pasternak donde se consideró los coeficientes de balasto vertical y horizontal obtenidos

mediante registros de calicatas en la zona de fundación de la edificación. Estos se eligieron teniendo en cuenta su mayor magnitud de cargas, tipo de estrato y cercanía con el área de edificio estudiado.

### ***1.3.2. Justificación práctica***

La presente investigación realizó el análisis sísmico empotrado en la base y el análisis sísmico interacción suelo - estructura de una edificación de albañilería confinada. Se analizó los resultados de ambos métodos como los desplazamientos, las deformaciones, la cortante y momentos flectores con el propósito de evaluar la variación respecto a lo permitido por la normativa peruana. Esta investigación permitió comparar la precisión de los métodos en estudios analizando la respuesta sísmica de la estructura, la seguridad de la misma y; por consiguiente, el ahorro de los materiales. Se evaluó los criterios que se deben considerar en el diseño de edificio de albañilería confinada fundados sobre suelos blandos, donde se observó una gran variación de desplazamientos entre la base rígida o empotrada y la interacción suelo - estructura del modelo de Pasternak.

### ***1.3.3. Justificación social económica***

Esta investigación permitió evaluar el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada. Se pudo verificar el incremento del costo de construcción debido al aumento de dimensiones de muros y columnas de la vivienda. Estas dimensiones se consideraron con el objetivo de que cumpla con los rangos mínimos de desplazamiento y deriva establecidos por la NTE - E.030. Si bien es cierto, supone una mayor inversión, pero se garantiza que esta no colapse y sea reparable. A largo plazo, el incremento se justifica mediante la reparación de daños mucho menores que los que se obtendrían se considera, en el análisis, la base empotrada.

### ***1.3.4. Importancia***

La investigación del diseño sismorresistente mediante el modelo de suelo rígido y suelo deformable o interacción suelo estructura alcanza su máxima relevancia en la combinación de los mejores criterios de cada método para lograr un mejor análisis sismorresistente de un edificio de albañilería confinada. Adicionalmente, permite evaluar el comportamiento de las estructuras cimentadas en el área de estudio y generar un repositorio

de datos para futuras indagaciones afines a la temática en mención. También, permite conocer el impacto social y económico de cada modelo en la construcción de los edificios. En consecuencia, el estudio de la interacción de suelo con la estructura y la verificación con el modelo de la NTE - E.030 nos permitió identificar la variación de resultados y el adecuado desempeño sísmico de edificaciones de albañilería confinada.

#### 1.4. Delimitación del área de investigación

##### 1.4.1. Delimitación de la investigación

La delimitación de la investigación de la presente tesis se encuentra aprobada por Resolución N° 082-2018-UCSS-FI/CF de fecha 30 de mayo 2018 y se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Delimitación de la investigación*

<b>Línea de investigación</b>	<b>Campo de investigación</b>
Estructuras, Geotecnia y Recursos Hídricos	Diseño Estructural Sismorresistente

*Nota.* Adaptado de la Resolución N° 082-2018-UCSS-FI/CF

##### 1.4.2. Delimitación espacial

La investigación se realizó en La Molina, distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, departamento de San Martín. La vivienda en estudio se encuentra ubicada en la intersección de los jirones Huancavelica y 13 de marzo. Las coordenadas geográficas se señalan en la tabla 2, en la figura 1 se muestra la zona geográfica de la zona en estudio y en la figura 2 se detalla la delimitación catastral de la vivienda.

**Tabla 2**

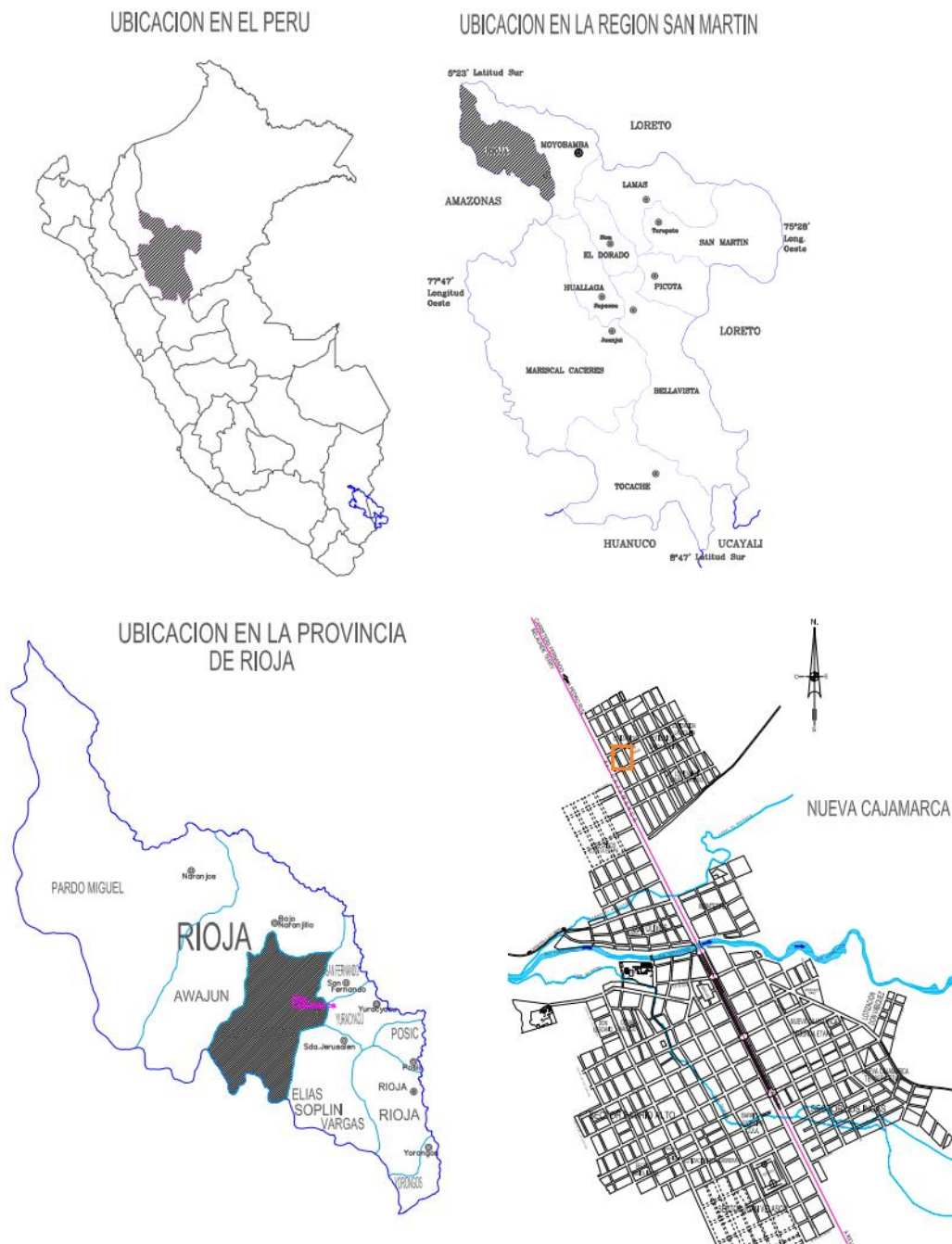
*Coordenadas geográficas de la vivienda de estudio*

<b>Ubicación</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Latitud Oeste</b>	<b>Cota</b>
Jirón Huancavelica y 13 de marzo	5° 56' 36" S	77° 20' 29" O	826 msnm



# Figura 1

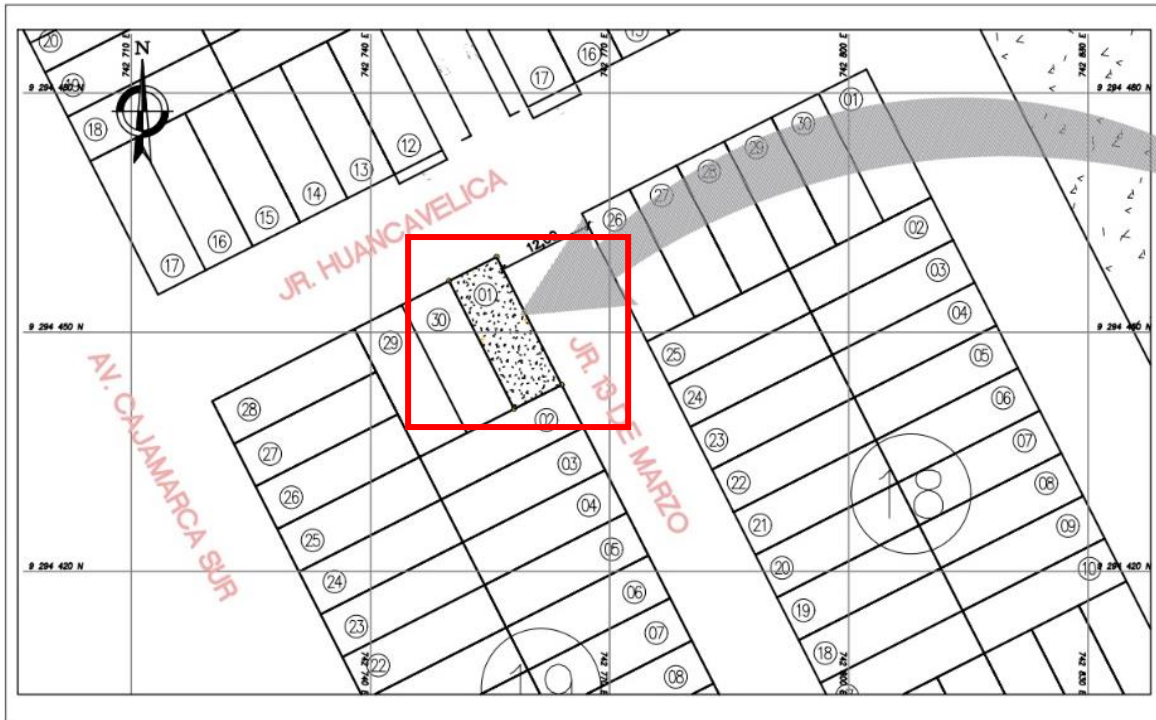
Zona geográfica del área de la vivienda en estudio



Nota. Adaptado de Zerga, (2006)

## Figura 2

### *Delimitación catastral de la vivienda en estudio*



*Nota.* Tomado del Plano Catastral de Nueva Cajamarca, año 2023.

### **1.4.3. Delimitación temporal**

La investigación se realizó durante 2 años: 2022 y 2024. Desde agosto 2022 hasta julio 2023 comprenden los cursos de Seminario I y II donde se realizó el estudio de suelos y el diseño del edificio. Luego, se realizó el asesoramiento de tesis desde octubre 2023 hasta febrero 2024 donde se hizo el modelado, se interpretó los resultados y se finiquitó el informe de tesis.

### **1.1. Limitaciones de la investigación**

Durante el proceso de formulación del problema e indagación de datos generales de la vivienda no se pudo acceder fácilmente a la información principal de la vivienda. El primer factor fue la desconfianza del dueño de la vivienda, a quien se logró convencer después de mencionarle el objetivo y los beneficios de la investigación y segundo debido al tarrajeo del edificio.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes nacionales e internacionales

#### 2.1.1. Internacionales

Fernández et al., (2023) en su artículo titulado “influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificio de 100 metros de altura”, publicado en la revista *Científica Ingeniería y Desarrollo*, analizaron la influencia de la interacción suelo estructura (ISE) en la respuesta sísmica de un edificio de 100 m de altura bajo carga dinámica eólica. Se analizó la ISE mediante métodos numéricos continuos sobre estratos de suelos blandos isotrópicos con el objetivo de determinar la diferencia de las frecuencias de oscilación, los desplazamientos y las fuerzas internas de los elementos estructurales, entre los diseños con y sin ISE. Para calcular la ISE se integraron elementos de interfase entre la cimentación y el suelo. Los resultados indican que la ISE presenta un efecto considerable en el incremento de los desplazamientos laterales, en la reducción de la frecuencia para los modos estudiados y en la variabilidad de las fuerzas internas de la estructura; por ello, el análisis de ISE es necesario cuando se proyectan edificios sobre suelos blandos.

Cobelo & Fernández (2022) en su artículo titulado “influencia de la interacción suelo - estructura en edificación de baja altura”, publicado en la revista *Ciencia y Construcción*, analizaron el impacto de la ISE en el comportamiento sísmico de una edificación de baja altura. Se consideró el ISE con modelos numéricos continuos, donde se diseñó un interfaz que facilite la simulación el contacto del suelo con la cimentación. Se observó que la ISE suscita la redistribución de las fuerzas internas de los elementos estructurales aumentando los valores en unos casos y reduciendolos en otros. Por consiguiente, el efecto de la ISE debe ser aplicada en el diseño de edificios bajos sobre suelos blandos con cimientos superficiales.

Morales & Espinosa (2020), en su artículo titulado “influencia de la interacción suelo estructura (ISE) de cimentaciones superficiales en suelos no cohesivos en el comportamiento estructural de una edificación de 8 pisos y un subsuelo”, publicado en la revista *Ingenio*, analizaron la estructura considerando la base rígida y mediante funciones de impedancia o método directo. La estructura que evaluaron se componía de 8 pisos y descansaba sobre un suelo no cohesivo blando y en el análisis estructural se diferenciaron por parámetros de la Norma Ecuatoriana de Construcción. Obtuvieron como resultado

una diferencia del 45% de desempeño sísmico entre el análisis de suelo estructura y el de base rígida.

Hermosillo et al., (2019) en su artículo titulado “análisis tridimensional de la interacción suelo - estructura estática de un edificio con cimentación a base de zapatas desplantado sobre un suelo friccionante”, publicado en la revista *Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges*, analizaron tridimensionalmente un edificio con fundaciones tipo zapatas mediante un software estructural desarrollado por los mismo autores donde proponen un análisis de la edificación mediante el sistema de rigidez y la deformación del suelo lo analizaron a través de la ecuación constitutiva no lineal y lineal. De este modo, evaluaron la deformación que se produce como consecuencia de la interrelación del suelo con la estructura evaluada.

### **2.1.2. Nacionales**

Condorluicho (2023) en su tesis titulada “influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta dinámica de un edificio aporticado en Cajamarca” para optar al grado de ingeniero civil, publicado en el repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca analizó un edificio aporticado de 5 pisos sobre un suelo intermedio S2 mediante el modelo de Barkan y la Norma Rusa. Obtuvo como resultados el incremento del período fundamental en un 17%, el aumento de la cortante basal hasta en un 20% y los desplazamiento y derivas hasta un 60%. Asimismo, las fuerzas de la estructura se redujeron tanto en vigas como columnas. Con dichos resultados, el autor concluyó que la interacción suelo estructura posee mayor incidencia en la respuesta sísmica de la edificación aporticada.

Araca et al., (2020) elaboraron su artículo titulado “influencia de la interacción suelo - estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca”, publicado en la revista *Científica de la UCSA*. En esta investigación se evaluó la respuesta sismorresistente de una edificación de concreto armado considerando el suelo, los cimientos y la estructura en sí misma. En esta investigación se incorporó la flexibilidad del suelo tal como recomienda la *Federal Emergency Management Agency* (conocido por sus siglas FEMA) en las guías 356 y 440. También analizaron el comportamiento del edificio considerando la base empotrada y

suelo flexible en edificios de 2 a 3 y de 4 a 5 niveles. Concluyeron que el efecto de la interacción suelo – estructura es poco significativo para menores 2 pisos y muy significativo para el resto. Asimismo, verificaron que la fuerza cortante debido a la interacción del suelo con la estructura no excede al 1% de la obtenida por el modelo empotrado en la base.

Esteban & Córdova (2020) elaboraron una tesis titulada “comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro, El Tambo, 2020” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Continental. Obtuvieron resultados de los períodos de vibración tanto para albañilería confinada y de concreto armado, donde los periodos de vibración de este último son menores que el primero. Esto significa, según estos valores, que una estructura de albañilería confinada tiene mayor rigidez que la de concreto armado. También se observa que en este estudio se abordó solo un edificio de 3 pisos y tampoco se comparó métodos de diseño. Estos aspectos se abordarán en la presente investigación.

## **2.2. Bases teóricas**

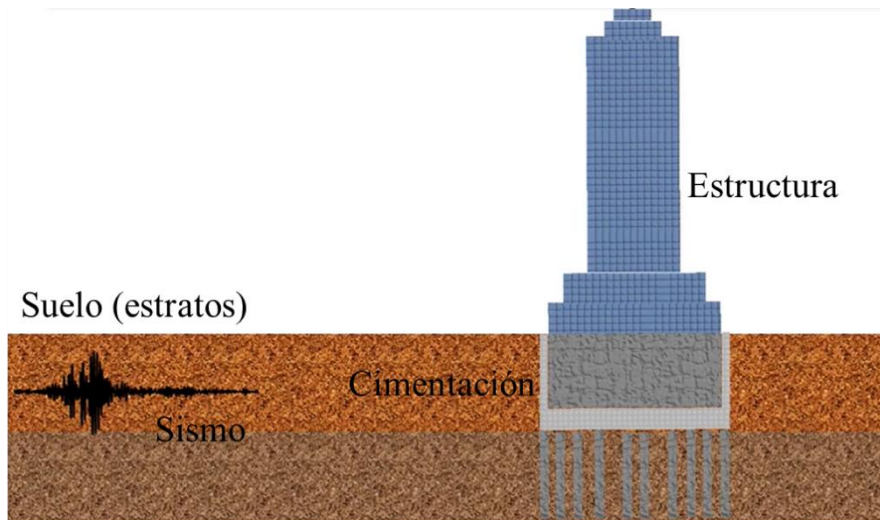
### ***2.2.1. Interacción suelo - estructura***

La interacción suelo - estructura (ISE) es una especialidad que combina la ingeniería geotécnica y la ingeniería estructural para estudiar la deformación de los suelos de fundación afectada por la rigidez y la propia estructura (Hermosillo et al., 2019). Esta analiza el grado en que las respuestas del suelo y de la estructura se afectan mutuamente por efecto de las cargas estáticas o dinámicas que actúan sobre el sistema. Este fenómeno se produce porque el suelo no es un medio rígido e inmóvil, sino que tiene propiedades mecánicas y resistentes que dependen de su composición, granulometría, humedad y densidad. Por ello, el suelo puede deformarse, transmitir esfuerzos, disipar energía y modificar las condiciones de apoyo de la estructura. La interacción suelo - estructura es importante evaluarla dado que aporta efectos significativos en el comportamiento y el diseño de las estructuras, especialmente ante las acciones sísmicas como se muestra en la figura 3. Asimismo, la ISE puede alterar el período fundamental de vibración, el

amortiguamiento, la ductilidad, la rigidez, la resistencia y la estabilidad del edificio, así como la distribución de los esfuerzos y las deformaciones en el suelo y en la estructura.

### Figura 3

*Componentes de la interacción suelo - estructura*



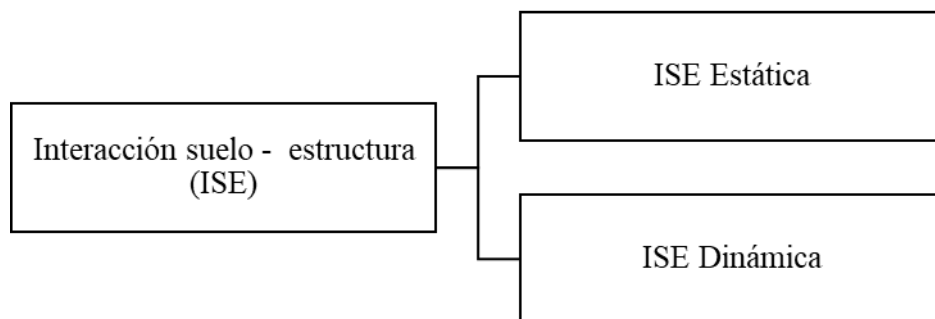
*Nota.* Extraído de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (SIMSG). Se visualizan los componentes de la ISE: suelo, cimentación, estructura y sismo.

#### 2.2.1.1. Tipos de interacción suelo estructura

Existen dos tipos de interacción suelo estructura que se muestran en la figura 4.

### Figura 4

*Clasificación de la interacción suelo - estructura*



*Nota.* Adaptado de Villareal (2020)

La ISE estática estudia bajo el concepto de fuerza permanente o estática que se obtiene mediante los parámetros de la NTE - E.030 y los coeficientes de rigidez tipo resorte que calculan a través de los modelos estáticos como Winkler, Pasternak y rigidez linealmente variable, mientras que la interacción dinámica considera las masas,

coeficientes de rigidez equivalente o resortes y el amortiguamiento que mide la disipación de la energía. En esta investigación se abordará la interacción suelo estructura estática.

### ***2.2.1.2. Aportes de la interacción suelo - estructura al cálculo estructural***

La interacción suelo - estructura es un método riguroso que facilita el análisis real de toda la estructura, desde las cimentaciones hasta la superestructura. Esta interacción conduce a la determinación de deflexiones, momentos flectores y fuerzas de corte en vigas y placas cimentadas sobre un medio elástico. El objetivo es obtener las solicitaciones que permitan completar el diseño estructural de los elementos según los criterios establecidos en la normativa vigente y conforme al buen criterio ingenieril del proyectista. El método tradicional para estudiar esta interacción es el coeficiente de balasto ( $k$ ), el cual se conoce también como el método de Winkler, propuesto en 1867. Aunque este método deriva de modelos simples que no representan completamente el comportamiento del suelo (Ruiz & Picón, 2019). Por tal motivo, en esta investigación, se opta por el modelo de Pasternak que considera dos coeficientes de resorte tanto verticales como horizontales.

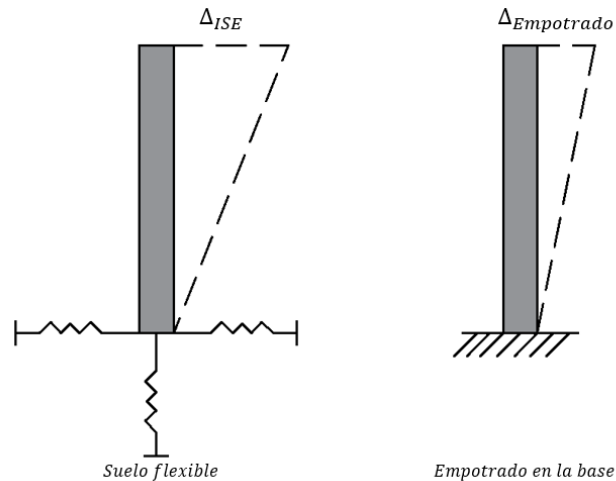
Con los avances de los métodos computacionales y numéricos, ahora es común realizar estudios que incluyan la interacción suelo - estructura dentro de un solo modelo. Estos estudios complejos se pueden resolver utilizando el método de elementos finitos (FEM). Basados en el FEM, muchos programas comerciales Etabs pueden modelar problemas de ingeniería complejos con alta precisión como el comportamiento preciso de los muros de albañilería. Es importante resaltar que la consideración de la interacción suelo - estructura puede ayudar como un factor importante en el análisis previo y, si no se toma en cuenta, los edificios se construyen bajo el concepto de un modelo incorrecto, con un índice de seguridad mucho menor de lo previsto (Ramos, 2017).

Asimismo, se mencionan los principales aportes de la ISE en el análisis de edificaciones: la interacción suelo - estructura otorga mayor exigencia en el control de desplazamientos laterales; por ello, (Villarreal, 2009) menciona que con la ISE los desplazamientos laterales se incrementan en comparación con el modelo establecido por la NTE - E.030 como se visualiza en la figura 5. Asimismo, la aplicación de la interacción suelo - estructura mejora la distribución de esfuerzos, esto permite la reducción de fuerzas internas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores. Finalmente, la interacción suelo

estructura ayuda a identificar las fallas por alabeo de losas. Este es una fractura de las losas que genera levantamientos en la diagonal en un lado y el hundimiento de la diagonal en el otro lado.

### Figura 5

*Desplazamientos laterales con y sin ISE*



#### 2.2.1.3. Modelos de interacción suelo estructura (ISE) estática

##### a) Modelo de Winkler

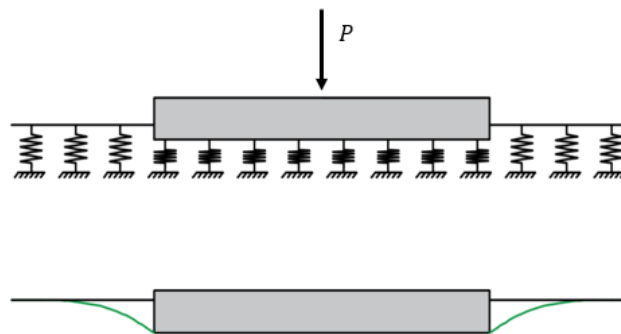
El modelo de interacción suelo - estructura de Winkler es un método tradicionalmente empleado para estudiar la interacción entre la superestructura, el terreno y la cimentación. Fue desarrollado por Winkler en 1887. Este modelo representa el suelo como un sistema de resorte lineal, suponiendo que la presión de contacto es proporcional a la deformación. Se utiliza el factor de balasto ( $k$ ), también conocido como método de Winkler. Este enfoque produce modelos simples que no representan completamente el comportamiento del suelo, pero que a menudo se utilizan en el diseño estructural. A pesar de las limitaciones, muchos investigadores han desarrollado expresiones analíticas basadas en modelos elásticos lineales para estimar los coeficientes de balasto del suelo, ya que el método de Winkler permite el desarrollo de estas expresiones (Otálvaro & Nanclares, 2009).



El modelo de Winkler se utiliza en el cálculo y diseño de cimentaciones superficiales, dimensionamiento de elementos como vigas de conexión o de cimentación y losas de cimentación que construyen sobre un corte horizontal de terreno como se muestra en la figura 6. Asimismo, se aplica en elementos como muros para excavaciones que funcionan sobre un corte vertical. Además, se utiliza para analizar estructuras como pilotes. Es importante mencionar que, aunque el modelo de Winkler es útil por su simplicidad, no idealiza de manera muy precisa el comportamiento del suelo. Por lo tanto, se aconseja calcular distintos valores del coeficiente de balasto, en lugar de un solo valor fijo (Santana, 2016). El modelo de Winkler presenta su respectivo coeficiente denominado balasto cuyas unidades se definen en  $t/m^3$  o  $kgf/cm^3$ .

### Figura 6

*Representación gráfica del modelo de Winkler*



*Nota.* Tomado de Ramos (2017)

Cabe mencionar que el modelo de Winkler considera solo balasto vertical ( $C_1$ ). Además, menciona que el suelo solo se deforma ante carga de gravedad (carga muerta y viva). Asimismo, este modelo no considera el comportamiento del suelo ante sollicitaciones sísmicas, por lo que es poco utilizado para el análisis de interacción suelo - estructura estática.

#### **b) Modelo de Pavel Lvovich Pasternak**

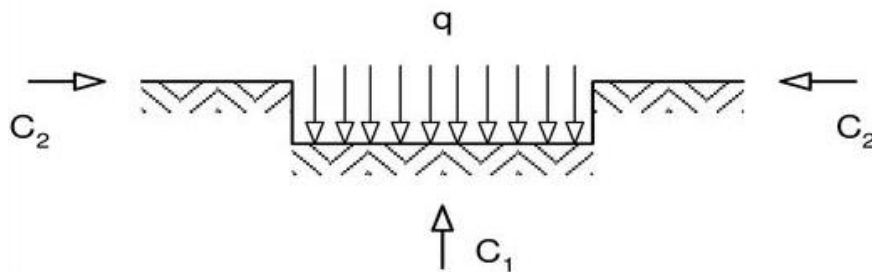
El modelo de P. L. Pasternak es una mejora del modelo de Winkler y fue desarrollado en 1948. Este modelo Pasternak pretende proporcionar una idealización más precisa y real del comportamiento del suelo en comparación con el modelo de Winkler. Este modelo introduce otro resorte que actúa de manera horizontal a la cimentación cuyas unidades son  $t/m$  o  $kgf/cm$ , esto permite modelar el comportamiento del suelo ante un evento sísmico. De esta manera, el modelo de Pasternak puede estimar con mayor

precisión los desplazamientos y las solicitaciones en la cimentación y en el suelo (Mejía, 2017).

El modelo de Pasternak se fundamenta en la teoría de la elasticidad y asume que el suelo tiene un comportamiento elástico lineal. En este modelo, las fuerzas de contacto son proporcionales a las deformaciones y se introducen dos coeficientes de balasto: uno para la deformación vertical y otro para la deformación horizontal como se muestra en la figura 7. Estos coeficientes de balasto se utilizan para calcular las fuerzas y los desplazamientos en la cimentación y en el suelo. Este modelo se utiliza en el análisis y diseño de cimentaciones y otras estructuras de ingeniería civil que interactúan con el suelo. Este permite estimar con mayor precisión los desplazamientos en la cimentación y en el suelo para realizar diseños más precisos y seguros (Abanto Oblitas, 2020).

**Figura 7**

*Idealización de modelo de Pasternak*



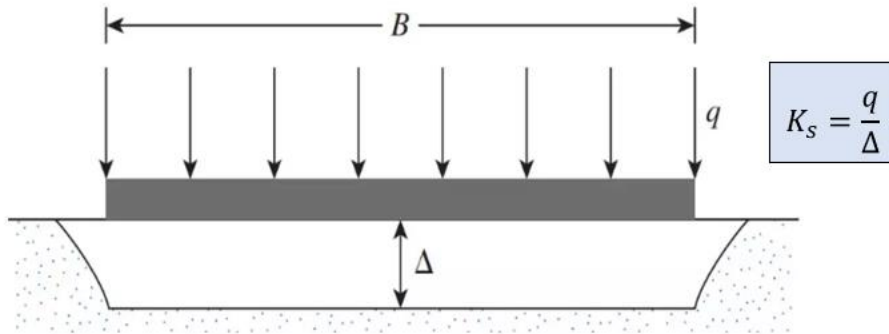
*Nota.* Extraído de Villarreal (2009).  $C_1$  es el coeficiente de balasto vertical ( $t/m^3$ ) y  $C_2$  representa el balasto horizontal ( $t/m$ ).

#### **2.1.1.4. Coeficiente de balasto**

El coeficiente de balasto ( $K_s$ ) es un parámetro estático que representa la interacción entre el suelo y la estructura que se determina a través del diseño geotécnico y estructural. Este coeficiente es necesario para el diseño teniendo en cuenta la interacción suelo estructura de diferentes tipos de cimentaciones, como las zapatas aisladas, las losas de cimentación, etc. Este valor se define como la razón entre la carga que se ejerce en un punto ( $q$ ) y el asiento que se produce ( $\Delta$ ); es decir, queda establecido como  $K_s = \frac{q}{\Delta}$  como se muestra en la figura 8. Este parámetro posee unidades semejantes al peso específico ( $kgf/cm^3$ ); pero, aunque este valor requiere de las propiedades físicas del terreno, este no es parámetro del mismo, puesto que depende, también, de las dimensiones del área de cimentación de la estructura (Guanchez, 2020).

### Figura 8

Definición del coeficiente de balasto



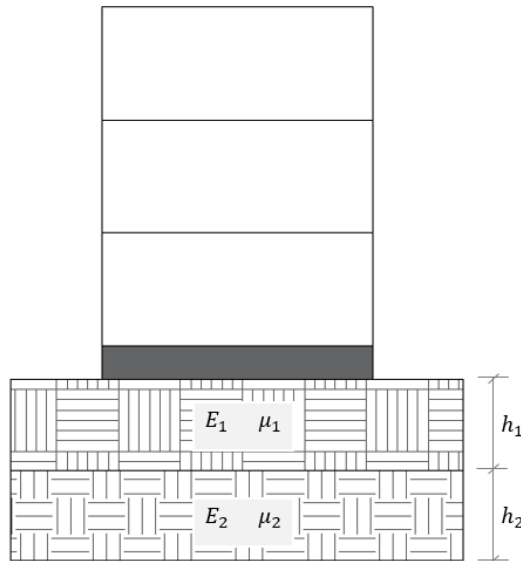
Nota. Obtenido de (Braja, 2012)

### Fórmulas y valores comunes del coeficiente de balasto

Para determinar los coeficientes de balasto vertical y horizontal, se deben aplicar las fórmulas propuestas por Villarreal, (2009), quien desarrolla un procedimiento tanto para cada estrato del suelo como para cada tipo de cimentación. Cabe señalar que para dicho autor el coeficiente de balasto se denota por la letra  $C$  y los parámetros que considera se muestran en la figura 9.

### Figura 9

Parámetros de coeficientes de balasto



Nota. Extraído de Villarreal (2009).

Se muestran las siguientes formulaciones para determinar los factores resistentes del suelo.

### ***Zapata conectada o cimiento corrido sobre dos estrados***

$$C_1 = \frac{1}{\frac{h_1}{E_1} * (1 - \mu_1^2) + \frac{h_2}{E_2} * (1 - \mu_2^2)} \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{1}{6 * (1 + \varepsilon_1)^2} * \left[ \frac{E_1 * h_1}{(1 + \mu_1)} * (3 + 3\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + \frac{E_2 * h_2}{(1 + \mu_1)} \right] \quad (2)$$

$$\text{donde } \varepsilon_1 = \frac{E_2}{E_1} * \frac{1 - \mu_1^2}{1 - \mu_2^2} * \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

### ***Platea o losa de cimentación sobre dos estrados***

$$C_1 = \frac{1}{\frac{h_1}{E_1} * (1 - 2\mu_1^2) + \frac{h_2}{E_2} * (1 - 2\mu_2^2)} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{1}{6 * (1 - \varepsilon_1)^2} * \left[ \frac{E_1 * h_1}{(1 - \mu_1)} * (3 + 3\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + \frac{E_2 * h_2}{(1 - \mu_1)} \right] \quad (5)$$

$$\text{donde } \varepsilon_1 = \frac{E_2}{E_1} * \frac{1 - 2\mu_1^2}{1 - 2\mu_2^2} * \frac{h_1}{h_2} \quad (6)$$

donde  $C_1$ : coeficiente de balasto vertical,  $C_2$ : coeficiente de balasto horizontal,  $E$ : módulo de elasticidad del estrato,  $\mu$ : módulo de Poisson y  $h$ : altura del estrato.

### ***2.2.2. Análisis sismorresistente estático o de fuerzas estática equivalentes***

El análisis estático es uno de los dos métodos abordados por la norma sísmica peruana. Este representa las sollicitaciones sísmicas a través de un conjunto de fuerzas aplicadas en el centro de masas de cada nivel de la estructura. La normativa indica que se puede estudiar mediante esta metodología aquellas estructuras regulares o irregulares situadas en la zona sísmica 1. Señala, además, que en las demás zonas sísmicas se puede aplicar este procedimiento en estructuras regulares que posean una altura menor o igual a 30 m y también en las estructuras de muros portantes de albañilería confinada o concreto armado, cuya altura sea menor o igual de 15 m de altura tanto para edificios regulares e irregulares (NTE - E.030, 2018). El método de fuerzas equivalentes se basa en varias simplificaciones significativas. Primero, se presupone que hay un único modo

fundamental que representa el 100% de la masa del edificio. Esto facilita el cálculo de la fuerza cortante en la base, que se obtiene multiplicando la masa total por la aceleración espectral correspondiente al periodo fundamental. Luego, durante el movimiento, el edificio asume una única forma de oscilación lateral que depende únicamente de la altura (h) y de un exponente (k). Esta forma representa un modo de vibración artificial que no toma en cuenta la distribución de masas ni las rigideces específicas de cada edificio. Seguidamente, el periodo fundamental de vibración se estima mediante fórmulas muy aproximadas (basadas en la altura total) o a través de un análisis traslacional. El valor resultante es más breve que el obtenido con un análisis modal espacial, lo que resulta en mayores fuerzas sísmicas cuando el periodo fundamental supera el periodo  $T_p$  del espectro. Finalmente, el efecto torsional se considera completamente separado del movimiento traslacional y se incorpora al modelo de manera tardía, sólo a través de momentos de piso que dependen de la fuerza de piso y de una excentricidad accidental (Muñoz, 2020).

### **Cortante basal o fuerza cortante**

La fuerza cortante en la base del edificio, representada por  $V$ , se calcula en base al peso sísmico,  $P$ , y a dos factores que están relacionados con la ubicación del edificio (factores  $Z$  y  $S$ ). También se toma en cuenta un componente que está relacionado con el uso del edificio ( $U$ ) y dos factores que son específicos del sistema estructural, el factor de amplificación dinámica ( $C$ ) y el factor de reducción ( $R$ ). La fuerza cortante en la base del edificio se expresa como el producto del “coeficiente sísmico” y el peso sísmico del edificio y se expresa como la fórmula 7.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \quad (7)$$

Para calcular la fuerza cortante en la base del edificio utilizando el método estático, se requiere considerar un valor mínimo de 0.11 para el cociente  $C/R$ . Esto garantiza un valor mínimo para la fuerza cortante de diseño en edificios con períodos largos y valores de  $C$  muy pequeños.

### **Distribución de la fuerza cortante en altura**

La fuerza cortante total actuante, representada como  $V$ , se distribuye en un conjunto de fuerzas  $F_1, F_2, \dots, F_n$  aplicadas en los centros de gravedad de cada nivel del edificio. En esta distribución, se utilizan los pesos de los niveles y sus alturas relativas al

suelo. Además, se introduce un exponente (k) que depende del período de vibración del edificio. En estructuras bajas con un período de vibración menor a 0.5 segundos, el valor de k es igual a 1. En cambio, para estructuras de mayor altura, con un período T mayor a 0.5 segundos, el valor de k varía según la expresión  $1 < k = 0.75 + 0.5T \leq 2$ . Este enfoque permite considerar la influencia de la vibración y la altura en la distribución de la fuerza cortante en el diseño estructural (Abanto, 2020). Las fuerzas sísmicas horizontales de cualquier piso se calculan según las expresiones 8 y 9.

$$F_i = \alpha_i * V \quad (8)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^k} \quad (9)$$

### **Período fundamental de vibración**

El período fundamental de vibración es uno de los factores más importantes en el análisis estructural de edificaciones de albañilería confinada. Para estimar este período en cada dirección, la NTE - E.030 permite utilizar expresiones aproximadas o los resultados de un análisis modal traslacional. Sin embargo, debido a la amplia variabilidad en las expresiones aproximadas, se recomienda emplear la expresión de Rayleigh. Por ello, con el objetivo de obtener un período que garantice un valor conservador para la fuerza cortante en la base, la norma establece que, para el análisis estático, se debe utilizar un modelo de traslación pura, limitando los desplazamientos perpendiculares a la dirección de análisis (Muñoz Peláez, 2020). En la expresión de Rayleigh, se considera un sistema de fuerzas laterales aplicadas en cada nivel ( $F_1, F_2, \dots, F_n$ ) y los desplazamientos laterales que generan en cada nivel ( $d_1, d_2, \dots, d_n$ ) tal como se muestra en la expresión (10).

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2}{g * \sum_{i=1}^n F_i * d_i}} \quad (10)$$

### **Excentricidad accidental**

La norma E.030 dicta que, para tener en cuenta un posible desplazamiento del centro de masas o una variación en la rigidez de los ejes resistentes a los sismos significa una modificación del centro de rigidez, la fuerza ejercida en cada nivel ( $F_i$ ) debe ir acompañada de un momento torsor, que es el resultado de multiplicar  $F_i$  por una excentricidad accidental. Esta excentricidad se calcula como el 0.05 de la medida del

diafragma, expresado como B, en la dirección perpendicular a la de análisis tal como se muestra en la expresión 11.

$$Mt_i = (0.05B) * F_i \quad (11)$$

### **Fuerzas sísmicas verticales**

Se puede calcular las fuerzas sísmicas verticales multiplicando el peso por el factor  $(2/3) ZUS$ . No obstante, para elementos de grandes luces es necesario realizar un análisis dinámico utilizando el espectro sísmico especificado.

### **Zonificación sísmica**

El territorio peruano se ha dividido en 4 zonas sísmicas de acuerdo al registro histórico de eventos sísmicos. Esta división se muestra en la figura 19. Nueva Cajamarca se encuentra en la zona 3. Según esta división, el lugar donde se ejecutará la presente investigación se detalla en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Zonificación del área de estudio*

<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Zona Sísmica</b>	<b>Z</b>
San Martín	Rioja	Nueva Cajamarca	3	0.35

*Nota.* Extraído de Muñoz (2020).

También, se debe considerar los factores de tipo de suelo en función de la zona sísmica que se muestran en la tabla 4 y 5.

**Tabla 4**

*Factor de suelo en función de zona sísmica*

<b>Zona</b>	<b>Suelo</b>			
	<b>S<sub>0</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>S<sub>3</sub></b>
<b>Z<sub>3</sub></b>	0.80	1.00	1.15	1.20

*Nota.* Adaptado de la NTE - E.030, 2018.

**Tabla 5***Períodos  $T_P$  y  $T_L$  en función del tipo de suelo*

Períodos	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_P$ (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$ (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

*Nota.* Tomado de la NTE - E.030, 2018.**Factor de amplificación sísmica (C)**

Según la NTE - E.030 se definen los siguientes factores de amplificación.

$$T < T_P \quad C = 2.5 \quad (12)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (13)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P - T_L}{T^2}\right) \quad (14)$$

**Categoría de la edificación y factor de uso (U)**

La categoría y el factor de uso de la estructura en análisis en esta investigación se detalla en la tabla 6.

**Tabla 6***Categoría y factor de uso de viviendas*

Categoría	Descripción	Factor U
Edificaciones comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, etc.	1

*Nota.* Extraído de la NTE - E.030, 2018.**Factor de regularidad (R)**

Se tiene dos tipos de irregularidades tanto de altura como de planta, tal como se indica en las tablas 7 y 8.



**Tabla 7***Irregularidad de altura*

<b>Irregularidad estructural en altura</b>	<b>Factor de irregularidad I<sub>a</sub></b>
Rigidez - Piso blando	0.75
Resistencia - Piso débil	
Extrema de rigidez	0.5
Extrema de resistencia	
Masa o peso	0.9
Geometría vertical	0.9
Sistemas resistentes	0.8
Discontinuidad extrema de sistemas resistentes	0.6

*Nota.* Extraído de la NTE - E.030, 2018.**Tabla 8***Irregularidad de planta*

<b>Irregularidad estructural de planta</b>	<b>Factor de irregularidad</b>
Torsional	0.75
Torsional extrema	0.6
Esquinas entrantes	0.9
Discontinuidad del diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.9

*Nota.* Extraído de la NTE - E.030, 2018.**2.2.3. Albañilería confinada**

La albañilería confinada es una técnica de construcción que se utiliza comúnmente para la edificación de viviendas. En este tipo de construcción, se emplean ladrillos de arcilla cocida, columnas de confinamiento y vigas soleras (San Bartolomé, 1994). El proceso constructivo comienza con la construcción del muro de ladrillo, seguido por el vaciado del concreto de las columnas de confinamiento y, finalmente, la construcción del techo en conjunto con las vigas. Este sistema estructural se caracteriza por tener muros de unidades de arcilla cocida, confinados en todos los lados por elementos de concreto armado vertidos después de la construcción del muro portante. Se busca que la estructura sea monolítica y las losas se comporten como un diafragma rígido.

## Unidades de albañilería

Las unidades de albañilería se utilizan para construir los muros portantes y tabiques o muros de división de espacios. Por ello, el tipo de unidad de ladrillo se elige de acuerdo al lugar que ocupan dentro de la estructura. De este modo, según la NTE - E.070, los ladrillos tipo King Kong se deben utilizar, exclusivamente, en el asentado de muros portantes y los ladrillos panderetas, en los tabiques. Asimismo, el uso de unidades de albañilería en muros portantes según la cantidad de pisos se detalla en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Limitaciones de uso de unidades de albañilería*

Tipo	Zona sísmica 2, 3 y 4		Zona sísmica 1
	MP mayor a 4 pisos	MP entre 1 a 3 pisos	MP en todo el edificio
Sólido artesanal	No	Sí. Hasta 2 pisos	Sí
Sólido industrial	Sí	Sí	Sí

*Nota.* Adaptado de la NTE - E.070, 2020.

También, se debe tener en cuenta la calidad de las unidades de albañilería. Por ello, se debe verificar el porcentaje de absorción, el alabeo y el porcentaje de vacíos para los ladrillos King Kong. Estos criterios se detallan en la tabla 10. Con respecto a lo último, el porcentaje de área de vacíos debe ser menor o igual que el 30% del área total de asentamiento.

**Tabla 10**

*Características de unidades de albañilería*

Tipo	Resistencia a la compresión $f'b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Alabeo (máximo en mm)	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje) %		
			hasta 100 mm	hasta 150 mm	más de 150 mm
Ladrillo IV	130	4	4	3	2
Ladrillo V	180	2	3	2	1

*Nota.* Tomada de la NTE - E.070, 2020.

## Análisis estructural de albañilería confinada

La NTE - 0.070 persigue dos metas principales. En primer lugar, busca asegurar que la estructura se mantenga en el rango elástico durante sismos moderados y, segundo,

pretende que esta pueda ser reparada después de sismos severos. Estos objetivos se alcanzan mediante dos condiciones: primero que los elementos de refuerzo deben ser diseñados para soportar la carga que causó la falla inicial de los muros ( $V_m$ ), evitando así la degradación de la resistencia durante un sismo severo y, segundo se debe proporcionar suficiente resistencia y rigidez a través de los muros ( $\Sigma V_m = V$ ) para permitir que la estructura se comporte de manera elástica durante sismos moderados, sin exceder su límite de reparación (establecido en una distorsión de 0.005) durante un sismo severo (San Bartolomé, 1994). Asimismo, se debe considerar que el sismo moderado, también conocido como de servicio, es el que no causa fisuras en los muros de carga construidos de albañilería confinada. La suposición de que este sismo genera fuerzas de inercia equivalentes a la mitad del sismo severo, denominado V según la NTE - E.030 con  $R=3$ , es similar a utilizar  $R = 6$  en un análisis elástico cuando la estructura se encuentra bajo un sismo moderado.

Este estudio establece ciertos criterios que exige la NTE – 0.70: no se debe permitir que un terremoto moderado cause grietas en ningún muro portante. Además, se establece un límite máximo de distorsión angular de  $1/200$  en respuesta a un sismo severo, para asegurar que el muro portante pueda ser reparado después del evento sísmico. También, se presupone que los muros confinados fallaron por corte en respuesta a un sismo severo, sin importar su esbeltez. Del mismo modo, se establece que la forma en que fallan los muros portantes depende de su esbeltez.

El análisis estructural de los edificios de albañilería confinada se lleva a cabo utilizando métodos elásticos, considerando los efectos de las cargas muertas, las cargas vivas y sísmicas. Además, la carga gravitacional para cada muro portante se calcula por cualquier método razonable o software. Del mismo modo, el corte basal y su distribución en altura se determinan según lo especificado en la NTE E.03. En la misma línea, el análisis considera las características del diafragma formado por las losas del techo; se debe tener en cuenta el efecto de las aberturas y discontinuidades en la losa sobre la rigidez del diafragma. El análisis también considera la contribución de las paredes no portantes que no hayan sido aisladas de la estructura principal. Cuando las paredes se construyen en conjunto con el alféizar, el efecto de este último se considera también en el análisis. Para calcular la rigidez de las paredes, se añade a su sección transversal el 25% de la sección transversal de las paredes que se encuentren en ángulo recto con la pared en análisis o 6 veces su espesor, lo que sea mayor. Cuando una pared transversal se encuentre

con dos paredes, su contribución a cada pared no superará la mitad de su longitud. Adicionalmente, la rigidez lateral de una pared confinada se evalúa transformando el concreto de sus columnas de confinamiento en un área equivalente de mampostería, multiplicando su espesor real por la relación de los módulos de elasticidad  $E_c/E_m$ .

### 2.3. Definición de términos básicos

- a) **Albañilería confinada.** Es un sistema de construcción que está compuesto de muros de ladrillo, columnas de amarre, vigas soleras y losas.
- b) **Desplazamientos.** Son las derivas horizontales que experimentan las edificaciones por solicitaciones sísmicas.
- c) **Muro portante.** Es el muro que soporta las cargas de las vigas en el sistema de albañilería confinada.
- d) **Espesor efectivo.** Representa el espesor del muro portante sin considerar el espesor del tarrajeo.
- e) **Subestructura.** Es una estructura que se encuentra oculta en el terreno, está compuesta por un conjunto de elementos estructurales como zapatas, vigas de amarre y conexión, losas de cimentación, cimientos corridos, pilotes, etc., vinculados entre sí. Su existencia es indispensable para la funcionalidad del edificio y se encargan de responder las cargas sísmicas y gravitacionales.
- f) **Balasto.** Es un coeficiente que se emplea en la interacción suelo estructura estática. Puede clasificarse en balasto vertical y horizontal. El método de Pasternak, cuya metodología se aplica en esta investigación, considera ambos balastos.
- g) **Módulo de elasticidad del suelo.** Es un factor que mide el comportamiento del esfuerzo versus la deformación del suelo. Sus unidades pueden ser kPa o kg/cm<sup>2</sup>.
- h) **Coefficiente de Poisson del suelo.** Es un parámetro que cuantifica cuando se deforma el suelo al aplicarse una carga. Resulta de la relación de la deformación lateral y la deformación axial del suelo.
- i) **Deriva.** Es el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos ubicados en la misma línea vertical en dos o más niveles consecutivos del edificio. En albañilería confinada la deriva máxima es 5/1000.

## **CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Hipótesis principal**

La hipótesis señala lo que se pretende demostrar con el estudio mediante afirmaciones tentativas de los que se estudia. Es decir, son respuestas eventuales a las interrogantes planteadas (Hernández & Mendoza, 2018). Y estas se deben corroborar con la ejecución y análisis de la investigación planteada.

- La interacción suelo - estructura afecta al comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023.

### **3.2. Hipótesis secundarias**

- Las propiedades resistentes del suelo de fundación influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.
- Las fuerzas internas incrementan el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura.
- Las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos aumentan en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.

### **3.3. Variables de la investigación**

#### **3.3.1. *Variable independiente***

Hernández & Mendoza, (2018) indican que es la variable que el investigador quiere analizar y esta no depende del resultado obtenido. Por lo tanto, la variable independiente es el análisis de la interacción suelo - estructura.

#### **3.3.2. *Variable dependiente***

Hernández & Mendoza, (2018) indican que es la variable que el indagador manipula para evaluar cómo se comporta la variable dependiente en relación con la variable independiente. Por ende, la variable dependiente es el comportamiento sísmico de un edificio de albañilería confinada de 5 pisos.

### 3.4. Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Tabla de operacionalización de variables del proyecto*

ID	VARIABLES	Técnicas e instrumentos	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Ítem		
<b>General</b>	<b>Independiente</b> Interacción Suelo - Estructura	<b>Técnicas e instrumentos</b>	Densidad mínima de muros.					
			Carga de gravedad máxima.	Espesor de muro	cm	1		
			Control de fisuración de los muros.	Esfuerzo axial máximo	kgf/cm <sup>2</sup>	2		
			Resistencia del agrietamiento diagonal	Fuerza cortante	t	3		
			Control de derivas	Momento flector	t-m	4		
	<b>Dependiente:</b> Comportamiento sísmico de un edificio de albañilería de 5 pisos	Instrumento 1. Instrumento 2. Esfuerzos máximos	Densidad de muros	Resistencia del agrietamiento diagonal	Desplazamiento	mm	5	
			Instrumento 3: Propiedades resistentes del suelo	Propiedades portantes del suelo	Clasificación SUCS	Asentamiento	S/D	6
				Propiedades flexibles del suelo	Capacidad portante del suelo	Capacidad portante del suelo	cm	7
				Parámetros sísmicos	Coeficiente de balasto	Coeficiente de balasto	kgf/cm <sup>2</sup>	8
					Módulo de elasticidad	Módulo de elasticidad	kgf/cm <sup>3</sup>	9
<b>Específicas</b>	Comportamiento sísmico de un edificio de albañilería de 5 pisos	Instrumento 4: Fuerzas internas Instrumento 5: Control de fisuración	Densidad mínima de muros.					
			Carga de gravedad máxima.	Espesor de muro	cm	11		
			Control de fisuración de los muros.	Esfuerzo axial máximo	kgf/cm <sup>2</sup>	12		
			Resistencia del agrietamiento diagonal	Fuerza cortante	t	13		
				Momento flector	t-m	14		
	Comportamiento sísmico de un edificio de albañilería de 5 pisos	Instrumento 6: Control de derivas, desplazamientos y períodos	Control de derivas	Control de derivas	Drift	S/D	15	
			Período natural	Período natural	Tp	S	16	

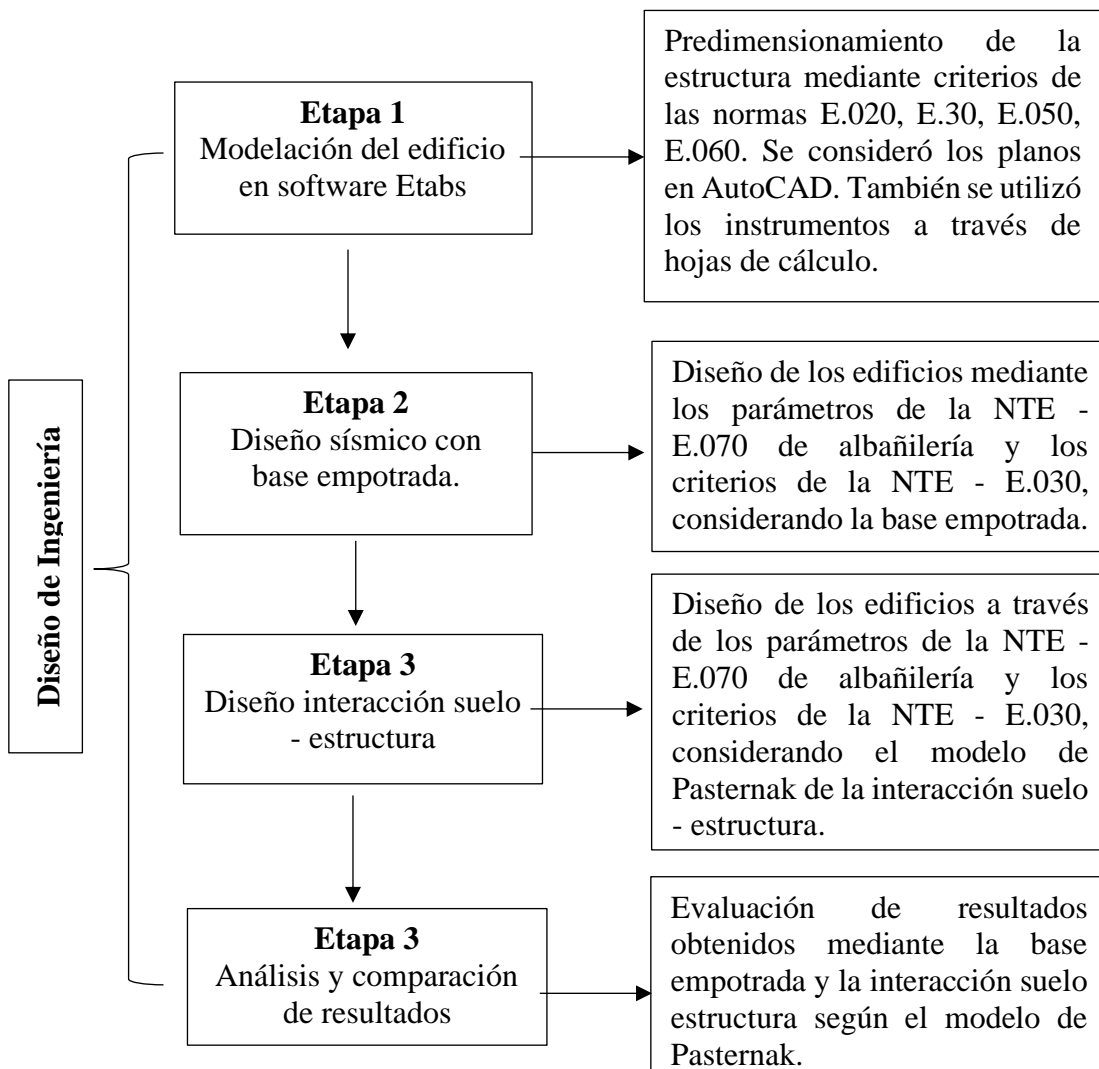
## CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Diseño de Ingeniería

El diseño del proyecto de investigación está conformado por 4 etapas, cuya finalidad consiste en realizar una indagación ordenada y correcta. La primera etapa evalúa la vivienda en estudio, sus dimensiones y ubicación, también se analiza las propiedades del suelo de fundación. La segunda etapa se realiza el diseño sísmico considerando la base empotrada, tal como lo establece la NTE - E.030, y la tercera se realiza el diseño sísmico considerando la flexibilidad del suelo mediante el método de Pasternak para cimentación corrida de dos estratos. En la cuarta etapa se analiza y compara los resultados para evaluar los indicadores de diferencias entre ambos métodos. Estas etapas se detallan en la figura 10.

**Figura 10**

*Organigrama del diseño de la ingeniería*



## **4.2. Métodos y técnicas del proyecto**

### **4.2.1. Enfoque de la investigación**

El enfoque cuantitativo emplea un proceso secuencial que busca probar la hipótesis y examinar la realidad de la investigación. Para lograr este objetivo utiliza la recolección de datos, el conteo y la estadística (Hernández & Mendoza, 2018). La presente investigación fue diseñada mediante el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo debido a que este se adapta, de forma adecuada y precisa, a los objetivos y variables de la investigación .

### **4.2.2. Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación señala el resultado que se logrará mediante la ejecución de la misma y delimita el método que se aplicará para obtener dichos resultados. El alcance de investigación establece los límites dentro de los cuales se desarrolla la investigación e indica que factores que no se tomarán en cuenta en el desarrollo de la misma. La importancia del alcance de la investigación radica en que capacita al investigador aclarar los resultados que se van a indagar y definir las directrices que se deben abordar para lograr dicho propósito (Ñaupas et al., 2014). Por ende, el alcance de esta investigación es descriptiva y explicativa.

### **4.2.3. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación representa el plan con el que el investigador diseña y planea la investigación. Por ello, se debe analizar de forma minuciosa las variables y evaluar la factibilidad de las mismas. El diseño de investigación hace referencia a los métodos y técnicas utilizados por el investigador para resolver eficazmente el problema de investigación, combinándolos de manera lógica y razonable. (Hernández & Mendoza, 2018). El diseño de la investigación es experimental y transversal.

## **4.3. Diseño estadístico**

### **4.4.1. Población**

Muñoz (2021) menciona que una población de estudio es generalmente una gran colección de personas o cosas que son objeto de investigación científica. La investigación se hace en beneficio de las personas. Por lo tanto, la población de la investigación son los edificios de albañilería confinada de Nueva Cajamarca. Esto se debe a que la unidad de análisis abarca todo el territorio de la ciudad de dicha ciudad como el tipo de suelo y la zona sísmica.



#### **4.4.2. Muestra**

Hernández & Mendoza (2018) señala que la muestra es una parte de la población en la que se realiza un estudio, existen algunos programas que pueden obtener el número de componentes de una muestra, como fórmulas, lógica, etc., que facilitan la selección de la misma. Una muestra es una fracción representativa de la población; por lo tanto, la muestra de la investigación son los 5 edificios de albañilería confinada en el sector la Molina. Se analiza el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos donde se realiza el estudio para otros 4 edificios más con el fin de generar un base de datos estadística; para tal propósito, se considera el tipo de suelo, el peso de la vivienda, el tipo de construcción y la zona sísmica. Cabe mencionar que esta muestra es no probabilística y se ha elegido de manera intencional.

#### **4.4. Técnicas y herramientas estadísticas**

##### **4.4.1. Técnicas para la investigación**

Las técnicas de investigación incluyen un conjunto de procedimientos sistemáticamente organizados que guían al investigador para profundizar el conocimiento y proponer nuevas direcciones de investigación. Esta representa también la forma de obtener los datos, organizar las etapas de indagación, y el volumen de información (Maya, 2014). La presente investigación abordó la técnica de observación de campo y estudio causal comparativo debido a que se visitó la vivienda en mención con el propósito de conocer la distribución arquitectónica de edificio, luego se comparó el análisis sísmico con base empotrada y flexibilidad del suelo mediante el modelo de Pasternak.

##### **4.4.2. Instrumentos para la recolección de datos**

Se utilizaron los siguientes materiales durante todo proceso de la investigación.

- Instrumento 1. Comprende una hoja de cálculo para determinar la densidad mínima de muros. Esta obedece a las fórmulas establecidas por la NTE - E.070 de albañilería.
- Instrumento 2. Hoja de cálculo para determinar el esfuerzo máximo de los muros portantes, siguiendo los criterios establecidos por la NTE - E.070.
- Instrumento 3. Hoja de cálculo para determinar las propiedades resistentes del suelo.
- Instrumento 4. Hoja de cálculo para determinar las fuerzas internas de los edificios como fuerza cortante y momento flector.

- Instrumento 5. Hoja de cálculo para realizar el control de fisuración de los edificios.
- Instrumento 6. Hoja de cálculo para el control de derivas y desplazamientos.

#### 4.4.3. *Tabla de actividades*

El cronograma de actividades de la presente investigación se muestra en la tabla 12 que comprende la ejecución técnica del proyecto de investigación.

**Tabla 12**

*Cronograma de ejecución de actividades para la elaboración de tesis*

Año	2023					2024	
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene
<b>Recolección de la información</b>							
Revisión bibliográfica.	■						
Ejecución de trabajo de campo (Predimensionamiento de la estructura mediante criterios de las normas E.020, E.30, E.050, E.060)		■					
<b>Diseño sísmico base empotrada</b>							
Diseño de la vivienda en AutoCad Diseño sísmico con base empotrada (Se consideró los criterios de la NTE - E.070)			■				
<b>Diseño sísmico ISE (Pasternak)</b>							
Diseño suelo interacción -estructura (Se consideró el modelo de Pasternak, para dos estrados)				■			
<b>Comparación de resultados</b>							
Evaluación de resultados (Se comparó ambos métodos) Confrontación de la información					■		

#### 4.4.4. Tabla de matriz de consistencia

La tabla de matriz consistencia se muestra en la tabla 13 donde se aborda la conexión lógica y coherencia de la investigación.

**Tabla 13**

*Matriz de consistencia de la investigación*

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Técnicas e instrumentos	Dimensiones	Indicadores	Unidad
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Independiente</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>	* Densidad		
¿Cuánto afecta la interacción suelo - estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva	Estimar el efecto de la interacción suelo - estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La	HP1: La interacción suelo - estructura afecta al comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023. HP0: La interacción suelo - estructura no afecta al comportamiento sísmico de	Interacción Suelo - Estructura  <b>Dependiente:</b> Comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos	Instrumento 1. Densidad de muros Instrumento 2. Esfuerzos máximos	mínima de muros. * Carga de gravedad máxima. * Control de fisuración de los muros. * Resistencia del agrietamiento diagonal	* Espesor de muro * Esfuerzo axial máximo * Fuerza cortante * Momento flector *	* cm * kgf/cm <sup>2</sup> * tf * t-m * mm
confinada en La Molina, Nueva	confinada en La	comportamiento sísmico de				Desplazamiento	

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
Cajamarca 2023?	Molina, Nueva Cajamarca, 2023.	un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023.				* Control de derivas	
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>					
¿Cuáles son las propiedades resistentes del suelo de fundación en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos?	Determinar las propiedades resistentes del suelo de fundación que influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.	HE1: Las propiedades resistentes del suelo de fundación influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos. HE0: Las propiedades mecánicas del suelo de fundación no influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.	Interacción suelo - estructura	Instrumento 3: Propiedades resistentes del suelo	* Propiedades portantes del suelo * Propiedades flexibles del suelo * Parámetros sísmicos	* Clasificación SUCS * Asentamiento * Capacidad portante del suelo * Coeficiente de balasto * Módulo de elasticidad * Módulo de Poisson	*S/D * cm * kgf/cm <sup>2</sup> * kgf/cm <sup>3</sup> * kgf/cm <sup>2</sup>

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Técnicas e instrumentos	Dimensiones	Indicadores	Unidad
¿Cuáles son las fuerzas internas en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura?	Calcular las fuerzas internas que modifican el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo - estructura.	HE1: Las fuerzas internas incrementan el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura. HE0: Las fuerzas internas que no incrementan el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo - estructura.	Comportamiento sísmico de un edificio de albañilería de 5 pisos	Instrumento 4: Fuerzas internas Instrumento 5: Control de fisuración	* Densidad mínima de muros. * Carga de gravedad máxima. * Control de fisuración de los muros. * Resistencia al agrietamiento diagonal	* Espesor de muro * Esfuerzo axial máximo * Fuerza cortante * Momento flector	* cm * kgf/cm <sup>2</sup> * tf * t-m

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
¿Qué tanto inciden las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos en comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura?	Evaluar las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos que inciden en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.	HE1: Las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos aumentan en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura. HE0: Las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos no aumentan en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.	Comportamiento sísmico de un edificio de albañilería de 5 pisos	Instrumento 6: Control de derivas, desplazamientos y períodos	* Control de derivas * Período natural	* Drift * Tp	* S/D *S

## CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 5.1. Proyecto piloto, pruebas, ensayos, prototipos, modelamiento.

Se hizo el estudio de 5 edificios. Estos fueron modelados a través del software Etabs, bajo los criterios establecidos en las NTE - E.070, E.030 y E.020. Asimismo, se obtuvo los parámetros de la fundación mediante ensayos y correlaciones de valores contemplados en el informe de estudio de mecánica de suelo. Luego se comparó las fuerzas internas, desplazamientos y estructuración de los edificios. Estos procedimientos se describen en los párrafos siguientes.

#### 5.1.1. Parámetros físicos y resistentes del suelo de fundación

Se realizó una excavación (calicata) de 3 m de profundidad para analizar las propiedades físicas y resistentes del suelo. En dicha calicata se logró identificar 3 estratos: de 0.0 m hasta 0.60 m se encontró material orgánico, luego 0.60 hasta 1.20 m presenta una arcilla plástica (CL), finalmente, desde 1.20 m hasta 3.00 se encontró una grava mal graduada. El resumen de dichos parámetros se visualiza en la tabla 14 y en la figura 11.

**Tabla 14**

*Parámetros físicos y resistentes del suelo*

Calicata	C-1			Unidades
	1	2	3	
Capa	Parámetros físico resistentes del suelo en estudio			
Profundidad	0 m - 0.60 m	0.60 m -1.20 m	1.20 m - 3.00 m	
<b>Resistencia del suelo</b>	-	-	0.94	Kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo de fricción	-	-	15	°
Cohesión	-	-	0.01	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso volumétrico			1870	Kg/cm <sup>3</sup>
Asentamiento	-	-	0.116	cm
Humedad natural		24.55	25.28	%
<b>Granulometría</b>				
% acumulado que pasa malla N° 4		100	45.68	%

Calicata	C-1			Unidades
	1	2	3	
Parámetros físico resistentes del suelo en estudio				
Profundidad	0 m - 0.60 m	0.60 m -1.20 m	1.20 m - 3.00 m	
% acumulado que pasa malla N° 200		91.99	29.36	%
<b>Límites de consistencia</b>				
Límite líquido		40.75	32.66	%
Límite plástico		24.35	23.62	%
Índice de plasticidad		16.4	9.04	%
<b>Clasificación del suelo</b>				
SUCS		CL	GM	

Nota. El desglose de los ensayos se visualiza en el anexo 2.

**Figura 11**

*Perfil geotécnico de la calicata C-1*

Calicata	C-01	Nivel freático:	Prof. Exc.: 3.00 (m)	Cota As. 851.00 (msnm)	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	Muestra
					AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
Cota As. (m)	Est.	Descripcion del Estrato de suelo								
826.00	I	Existe una capa de material orgánico con mezcla de material fino con espesor de 0.60 cm			-	Pt		0.60	-	
825.40										
	II	Arcilla plástica, de color crema de consistencia media y de alta plasticidad con 98.78% de finos (que pasa la malla N°200), Lim. Líq.= 40.75% e Ind. Plast.= 16.40%, de expansión alta en condición saturada.			A-7-6(17)	CL		1.20	24.55	
824.20										
	III	Conglomerado mezcla de grava, arena, arcilla y limo con presencia de bolonería mayor de 4" compacto, de color crema de compactación alta y de mediana plasticidad con 29.36% de finos (que pasa la malla N°200), Lim. Líq.= 32.66% e Ind. Plast.= 9.04%, de expansión baja en condición normal.			A-2-4(0)	GM		1.20	25.28	
823.00										

Nota. Extraído del informe de mecánica de suelos adjunto en anexos.



Asimismo, se logró identificar el coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad del suelo mediante correlación de valores existentes y las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio que se muestran en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Coefficiente de Poisson y módulo de elasticidad de C-1*

<b>Estrato</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Coefficiente de Poisson</b>	<b>Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
2	0.6 - 1.20	0.41	138
3	1.20 - 3.00	0.31	1019.72

Con dichos parámetros se procede a determinar el balasto vertical y lateral tanto para el modelo de Winkler y de Pasternak utilizando las ecuaciones 13 y 14.

**Modelo Winkler – cimentación corrida con un estrato**

$$C_1 = \frac{1380 \text{ t/m}^2}{0.60 * (1 - 0.41^2)}$$

$$C_1 = 2764.755 \text{ t/m}^3$$

**. Modelo Winkler – cimentación corrida con dos estratos**

$$C_1 = \frac{1}{\frac{0.60 \text{ m}}{1380 \text{ t/m}^2} * (1 - 0.41^2) + \frac{1.80}{10197 \text{ t/m}^2} * (1 - 0.31^2)}$$

$$C_1 = 1918.45 \text{ t/m}^3$$

**Modelo Pasternak – cimentación corrida con un estrato**

$$C_1 = \frac{1380 \text{ t/m}^2}{0.60 * (1 - 0.41^2)}$$

$$C_1 = 2764.755 \text{ t/m}^3$$

$$C_2 = \frac{1380 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} * 0.60\text{m}}{6 * (1 + 0.41)}$$

$$C_2 = 97.87 \text{ t/m}$$

### Modelo Pasternak – cimentación corrida con dos estratos

$$C_1 = \frac{1}{\frac{0.60 \text{ m}}{1380 \text{ t/m}^2} * (1 - 0.41^2) + \frac{1.20 \text{ m}}{10197 \text{ t/m}^2} * (1 - 0.31^2)}$$

$$C_1 = 2136.44 \text{ t/m}^3$$

$$\varepsilon_1 = \frac{10197 \text{ t/m}^2}{1380 \text{ t/m}^2} * \frac{1 - 0.31^2}{1 - 0.41^2} * \frac{0.60 \text{ m}}{1.20 \text{ m}} = 4.014$$

$$C_2 = \frac{1}{6 * (1 + 4.014)^2} * A$$

$$A: \left[ \frac{1380 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} * 0.60 \text{ m}}{(10.41)} * (3 + 3 * 4.014 + 4.014^2) + \frac{10197 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} * 1.20 \text{ m}}{(1 + 0.31)} \right]$$

$$C_2 = 183.209 \text{ t/m}$$

#### 5.1.2. Arquitectura de los edificios en estudio

##### Distribución del edificio 1

La distribución del edificio se muestra en el anexo iii, sección planos. Este es un edificio multifamiliar, el cual posee las dimensiones de 7.00 m de ancho y 18.19 m de largo de área techada. Cuenta con una sala, comedor, cocina, sala de estudio, 3 dormitorios con baño propio. Esta distribución se repite para los 4 niveles. Además, posee una azotea que se utiliza para el secado de ropa y celebraciones propias de los inquilinos. La altura de entrepiso es 2.80 m, con un espesor de losa maciza en dos direcciones de 20 cm.

##### Distribución del edificio 2

La distribución del edificio se muestra en el anexo iii, sección planos. Este posee las dimensiones de 8.00 m de ancho y 15 m de largo de área techada y es un edificio unifamiliar. Cuenta con una sala, comedor, cocina, sala de estudio, dormitorios con baño propio. Además, posee una azotea que se utiliza para celebraciones propias de los

propietarios. La altura de entrepiso es 3.14 m, con un espesor de losa maciza en dos direcciones de 20 cm.

### **Distribución del edificio 3 y 5**

La distribución del edificio se muestra en el anexo iii, sección planos. Este es el edificio de diseño de 4 y 5 pisos, respectivamente. El área techada propuesta es de 170 m<sup>2</sup>, cuyo uso es para viviendas multifamiliares. La distribución arquitectónica es la misma que el edificio 3, pero en este edificio se agrega ascensor debido a cantidad de pisos. Posee un comedor, una sala, una cocina, dos dormitorios, dos dormitorios con baño incluido, un baño de visitas, un baño familiar y una lavandería.

### **Distribución del edificio 4**

La distribución del edificio se muestra en el anexo iii, sección planos. Este es un edificio de diseño de 4 pisos. El área techada propuesta es de 185.542 m<sup>2</sup>, cuyo uso es para viviendas multifamiliares. La distribución arquitectónica cuenta con sala, comedor, cocina, lavandería, dormitorios con baño propio y compartido. La altura de entrepiso es 2.70 m, con un espesor de losa maciza en dos direcciones de 20 cm.

#### **5.1.3. Predimensionamiento y estructuración de los edificios en estudio**

##### **Características de los materiales de albañilería**

Se consideraron las siguientes propiedades de los materiales establecidos por la NTE - E.070.

- Resistencia a la compresión ( $f'_m$ ): 65 kgf/cm<sup>2</sup>
- Resistencia al corte puro ( $v'_m$ ): 8.1 kgf/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad ( $E_m$ ):  
 $500 * f'_m = 500 * 65 \text{ kgf/cm}^2 = 32500 \text{ kgf/cm}^2$
- Módulo de Poisson ( $\mu_m$ ): 0.25
- Módulo de corte ( $G_m$ ):

$$G_m = \frac{E_m}{2(\mu_m + 1)} = \frac{32500 \text{ kgf/cm}^2}{2(0.25 + 1)} = 13000 \text{ kgf/cm}^2$$

El módulo de elasticidad empleado en los muros portantes es de 32500 kgf/cm<sup>2</sup>, se tiene en cuenta la resistencia a la compresión de pilas ( $f'_m$ ) de un ladrillo tipo IV, cuyo valor es 65 kgf/cm<sup>2</sup>, el cual es el más producido por las ladrilleras de la zona.

### **Características de los materiales de concreto armado**

- Resistencia a la compresión ( $f'c$ ):  $210 \text{ kgf/cm}^2$
- Módulo de elasticidad ( $E_C$ ):  $217370.65 \text{ kgf/cm}^2$
- Módulo de Poisson ( $\mu_m$ ): 0.15
- Módulo de corte ( $G_m$ ):  $90571.10 \text{ kgf/cm}^2$

#### **a) Características de los materiales del acero**

- Esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ):  $4200 \text{ kgf/cm}^2$

#### **b) Dimensiones del espesor del muro**

Las dimensiones del espesor del muro portante se realizaron en función de lo establecido en la NTE - E.070. El espesor efectivo del muro del muro debe ser mayor a la división entre su altura entre 20, dado que la vivienda se encuentra en la zona sísmica 3. Este procedimiento se repite para todos los planos estudiados.

$$t_{efectivo} = \frac{h}{20}$$

El espesor mínimo del muro, sin recubrimiento, es de 13 cm y 24 cm, según corresponda. Es decir, que el aparejo del ladrillo King Kong de 18 huecos será tipo sogá o cabeza.

#### **c) Densidad de muros**

Para la densidad de los muros, se debe considerar los parámetros sísmicos considerados en la NTE - E.030 y la fórmula que establece la norma E.070. Estos se consideran de acuerdo a la ubicación del proyecto y el tipo de edificio.

$$D_{min} = \frac{Z * C * S * N}{56}$$

Ubicación: Nueva Cajamarca, Rioja, San Martín  $Z = 0.35$

Tipo de edificio: Edificaciones comunes  $C = 1.0$

Factor S: El suelo es tipo flexible ( $S_3$ ). Por ende, el valor de  $S = 1.20$

Cantidad de pisos: Los edificios 1, 2, 3 y 4 son de 4 niveles ( $N = 4$ ), mientras que el edificio 5 posee 5 niveles ( $N = 5$ ).

$$D_{4\text{ pisos}} = \frac{0.35 * 1 * 1.20 * 4}{56} = 0.03$$

$$D_{5\text{ pisos}} = \frac{0.35 * 1 * 1.20 * 5}{56} = 0.15$$

Estos parámetros se utilizaron para evaluar la densidad mínima de los muros de todos los edificios, según la cantidad de niveles de cada uno.

**Tabla 16**

*Densidad de muros en dirección X-X del edificio 1*

Muros	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 1	Muro	3	0.13	1.00	0.39
MX 2	Muro	3	0.13	1.00	0.39
MX 3	Muro	18.19	0.13	1.00	2.36
MX 4	Muro	18.19	0.13	1.00	2.36
MX 5	Muro	4.51	0.13	1.00	0.59
MX 6	Muro	2.14	0.13	1.00	0.28
					<b>6.37</b>

L*/Ap →	0.0501	L*/Ap	>=	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0501</b>	>	<b>0.03</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>66.86 %</b>				

**Tabla 17**

*Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 1*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 1	Muro	2.65	0.24	1.00	0.64
MY 2	Muro	2.19	0.24	1.00	0.53
MY 3	Muro	1.35	0.24	1.00	0.32
MY 4	Muro	4.25	0.24	1.00	1.02
MY 5	Muro	2.96	0.24	1.00	0.71
MY 6	Muro	7.00	0.24	1.00	1.68
					<b>4.90</b>

L*/AP →	0.0385	L*/AP	>=	ZUSN/56	
---------	--------	-------	----	---------	--

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0385</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>28.17 %</b>				

En las tablas 16 y 17 se verificó que el edificio 1 cumple con un espesor de muro efectivo de 13 cm tanto para las direcciones X e Y. Esta distribución de muros se repite para los cuatro niveles.

**Tabla 18**

*Densidad de muros en dirección X-X del edificio 2*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 1	Muro	2.04	0.24	1.00	0.49
MX 2	Muro	1.83	0.24	1.00	0.44
MX 3	Muro	3	0.24	1.00	0.72
MX 4	Muro	2.79	0.24	1.00	0.67
MX 5	Muro	3	0.24	1.00	0.72
MX 6	Muro	2.33	0.24	1.00	0.56
MX 7	Muro	3	0.24	1.00	0.72
MX 8	Muro	2.56	0.24	1.00	0.61
MX 9	Muro	8	0.24	1.00	1.92
					<b>6.85</b>
L*t/AP →	0.0571	L*t/AP	>=	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0571</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>90.33 %</b>				

**Tabla 19**

*Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 2*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 1	Muro	15	0.13	1.00	1.95
MY 2	Muro	15	0.13	1.00	1.95
MY 3	Muro	4.2	0.13	1.00	0.55
MY 4	Muro	5.02	0.13	1.00	0.65

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 5	Muro	3.15	0.13	1.00	0.41
<b>5.51</b>					
L*t/AP →	0.0459	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0459</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>53.00 %</b>				

En las tablas 18 y 19 se comprobó que el edificio 2 requiere como muro efectivo en el eje X de 24 cm y en el eje Y de 13 cm. Esta distribución se repite para los cuatro niveles.

**Tabla 20**

*Densidad de muros en dirección X-X del edificio 3*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 1	Muro	3.25	0.24	1.00	0.78
MX 2	Muro	3.25	0.24	1.00	0.78
MX 3	Muro	4.4	0.24	1.00	1.06
MX 4	Muro	1.65	0.24	1.00	0.40
MX 5	Muro	4.4	0.24	1.00	1.06
MX 6	Muro	4.4	0.24	1.00	1.06
MX 7	Muro	1.65	0.24	1.00	0.40
MX 8	Muro	4.4	0.24	1.00	1.06
<b>6.58</b>					
L*t/AP →	0.0387	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0387</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>28.94 %</b>				

**Tabla 21**

*Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 3*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 1	Muro	6.05	0.13	1.00	0.79
MY 2	Muro	3.125	0.13	1.00	0.41
MY 3	Muro	3.47	0.13	1.00	0.45
MY 4	Muro	3.47	0.13	1.00	0.45
MY 5	Muro	3.1	0.13	1.00	0.40
MY 6	Muro	6.05	0.13	1.00	0.79

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 7	Muro	2.4	0.13	1.00	0.31
MY 8	Muro	2.4	0.13	1.00	0.31
MY 9	Muro	2.5	0.13	1.00	0.33
MY 10	Muro	2.5	0.13	1.00	0.33
MY 11	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
MY 12	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57

**5.70**

L*t/AP →	0.0335	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0335</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>11.81 %</b>				

En las tablas 20 y 21 se comprobó que el edificio 3 requiere como muro efectivo en el eje X de 24 cm y en el eje Y de 13 cm. Esta distribución se repite para los cuatro niveles. Este es un edificio de diseño de 4 pisos.

**Tabla 22**

*Densidad de muros en dirección X-X del edificio 4*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 1	Muro	3.29	0.13	1.00	0.43
MX 2	Muro	3.59	0.13	1.00	0.47
MX 3	Muro	2.55	0.13	1.00	0.33
MX 4	Muro	3.59	0.13	1.00	0.47
MX 5	Muro	3.29	0.13	1.00	0.43
MX 6	Muro	1.84	0.13	1.00	0.24
MX 9	Muro	1.84	0.13	1.00	0.24
MX 8	Muro	1.84	0.13	1.00	0.24
MX 9	Muro	1.84	0.13	1.00	0.24
MX 10	Muro	1.34	0.13	1.00	0.17
MX 11	Muro	4.42	0.13	1.00	0.57
MX 12	Muro	1.74	0.13	1.00	0.23
MX 13	Muro	1.84	0.13	1.00	0.24
MX 14	Muro	2.14	0.13	1.00	0.28
MX 15	Muro	1.84	0.13	1.00	0.24
MX 16	Muro	2.09	0.13	1.00	0.27
MX 17	Muro	2.39	0.13	1.00	0.31



ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 18	Muro	2.39	0.13	1.00	0.31
MX 19	Muro	3.43	0.13	1.00	0.31
<b>6.01</b>					
L*t/AP →	0.0324	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0324</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>8.02 %</b>				

**Tabla 23**

*Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio 4*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 1	Muro	3.08	0.13	1.00	0.40
MY1	Muro	1.59	0.13	1.00	0.21
MY 3	Muro	3.08	0.13	1.00	0.40
MY 4	Muro	2.93	0.13	1.00	0.38
MY 5	Muro	3.08	0.13	1.00	0.40
MY 6	Muro	3.08	0.13	1.00	0.40
MY 7	Muro	5.87	0.13	1.00	0.76
MY 8	Muro	2.14	0.13	1.00	0.28
MY 9	Muro	2.93	0.13	1.00	0.38
MY 10	Muro	3.08	0.13	1.00	0.40
MY 11	Muro	2.93	0.13	1.00	0.38
MY 12	Muro	2.14	0.13	1.00	0.28
MY 13	Muro	2.93	0.13	1.00	0.38
MY 14	Muro	3.08	0.13	1.00	0.40
MY 15	Muro	2.93	0.13	1.00	0.38
MY 16	Muro	1.74	0.13	1.00	0.23
<b>6.06</b>					
L*t/AP →	0.0327	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0327</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>8.86 %</b>				

En las tablas 22 y 23 se comprobó que el edificio 4 requiere un muro efectivo de 13 cm tanto en el eje X e Y. Esta distribución se repite para los cuatro niveles. Con esta densidad de muros se logra cumplir con lo mínimo exigido.

**Tabla 24***Densidad de muros en dirección X-X del edificio de 5 pisos*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 1	Muro	3.25	0.13	1.00	0.42
MX 2	Muro	3.25	0.13	1.00	0.42
MX 3	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
MX 4	Muro	1.65	0.13	1.00	0.21
MX 5	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
MX 6	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
MX 7	Muro	1.65	0.13	1.00	0.21
MX 8	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
PX 1	Placa	2	0.13	6.69	1.74
PX 2	Placa	2	0.13	6.69	1.74
					<b>7.04</b>

L*t/AP →	0.0414	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03750	<b>0.0414</b>	>	<b>0.03750</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>10.43 %</b>				

**Tabla 25***Densidad de muros en dirección Y-Y del edificio de 5 pisos*

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 1	Muro	6.05	0.13	1.00	0.79
MY 2	Muro	3.125	0.13	1.00	0.41
MY 3	Muro	3.45	0.13	1.00	0.45
MY 4	Muro	3.45	0.13	1.00	0.45
MY 5	Muro	3.1	0.13	1.00	0.40
MY 6	Muro	6.05	0.13	1.00	0.79
MY 7	Muro	2.4	0.13	1.00	0.31
MY 8	Muro	2.4	0.13	1.00	0.31
MY 9	Muro	2.5	0.13	1.00	0.33
MY 10	Muro	2.5	0.13	1.00	0.33
MY 11	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
MY 12	Muro	4.4	0.13	1.00	0.57
PY 1	Placa	2.4	0.13	6.69	2.09

ID	Tipo	L (m)	t (m)	$\eta$	Ac (m <sup>2</sup> )
PY 2	Placa	0.6	0.13	6.69	0.52
PY 3	Placa	0.6	0.13	6.69	0.52

**8.83**

L*t/AP →	0.0519	L*t/AP	≥	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03750	<b>0.0519</b>	>	<b>0.03750</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>38.47 %</b>				

En las tablas 24 y 25 se comprobó que el edificio 5 requiere un muro efectivo de 13 cm tanto en el eje X e Y. Esta distribución se repite para los 5 niveles. Con esta densidad de muros se logra cumplir con lo mínimo exigido; no obstante, fue necesario el uso de placas de concreto, las mismas que se usan para el ascensor del edificio. El aporte de la placa al edificio se calculó con la relación modular ( $\eta$ ) que se define como la relación entre los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, multiplicado por un factor.

#### d) Columnas de amarre, vigas soleras y losas macizas

Se realizó la estructuración de los edificios 3 y 5 en función del espesor efectivo del muro y se consideró las medidas ya establecidas de los edificios 1, 2 y 4. Las dimensiones de dichos elementos estructurales se muestran en la tabla 26.

**Tabla 26**

*Estructuración del edificio en estudio*

Edificio	N° pisos	Columna		Vigas	Losas	
		Dimensión (cm)	Forma	Dimensiones (cm)	Dirección	Dimensión (cm)
1	4	15 x 30	R	13 x 30	2	20
2	4	13 x 24	R	13 x 30	2	20
3	4	15 x 30	R	13 x 30	2	12
		24 x 30	R			
4	4	30 x 13 x 15	L			
		15 x 30	R	13 x 30	2	12
5	5	30 x 13 x 15	L			
2	4	13 x 24	R	13 x 30	2	20

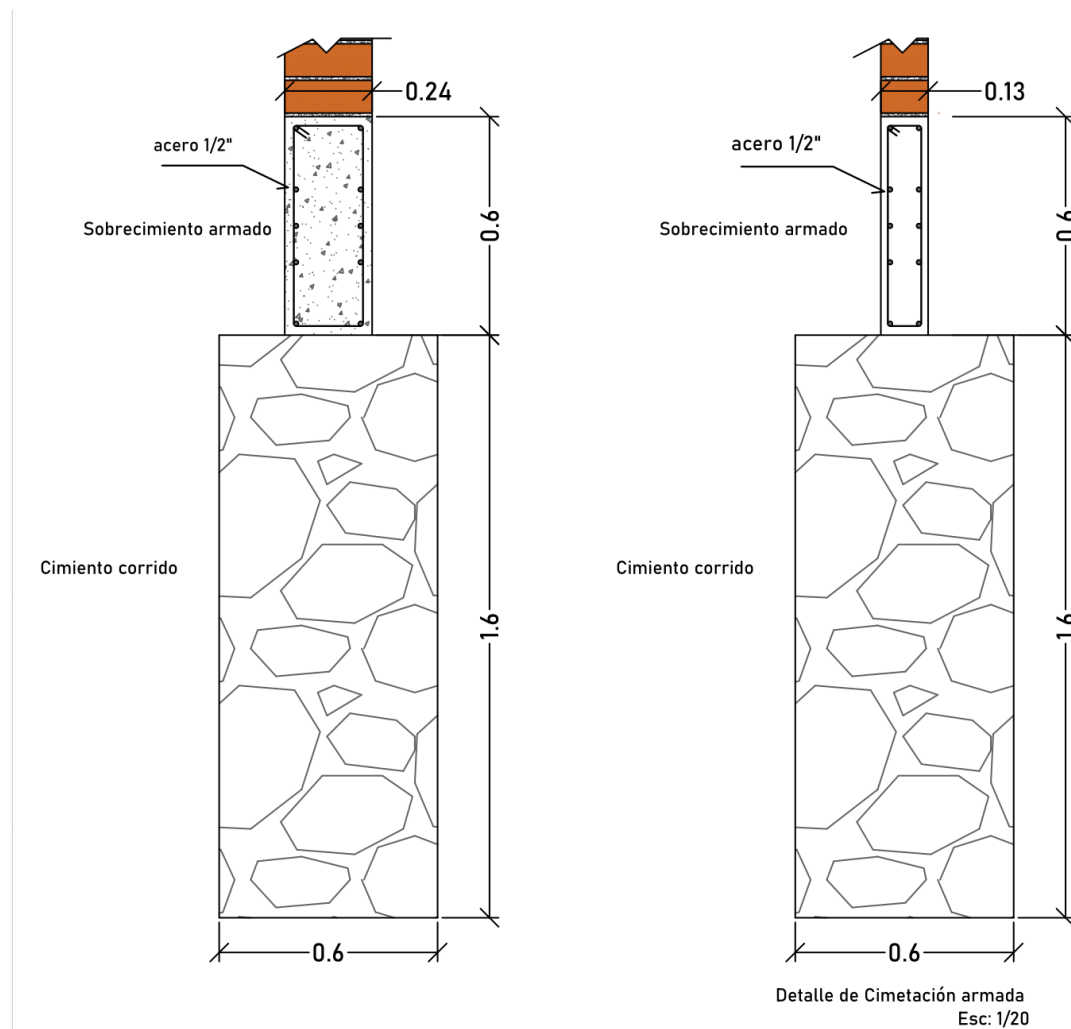
*Nota.* La letra R significa columna rectangular y L columna en forma L

### e) Cimentación de los edificios

Se optó por un cimiento corrido con sobrecimiento armado como lo sugiere (San Bartolomé, 1994). La altura de la cimentación es de 2.20 m x 0.60 m de sobrecimiento armado y 1.60 m de sobrecimiento. La profundidad se eligió en función de la presión admisible del suelo que es  $0.945 \text{ kg/cm}^2$  para cimentaciones corridas. Las dimensiones de dichas cimentaciones se muestran en la figura 12.

**Figura 12**

*Detalle de cimentación de edificio en estudio*



*Nota.* Dimensiones consideradas según las cargas y el tipo de suelo

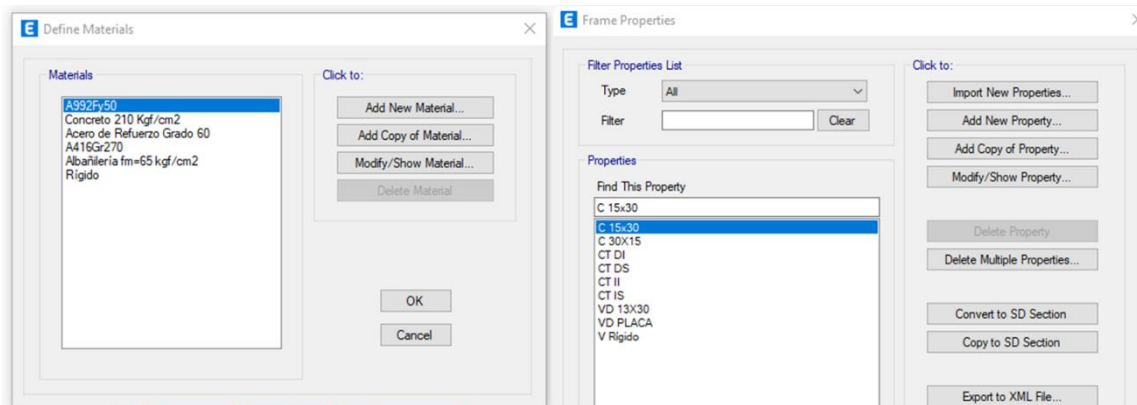
#### 5.1.4. Modelamiento de los edificios

El modelamiento de los edificios se realizó en el software Etabs, versión 23. Se decidió por este programa debido a su versatilidad, idoneidad y conocimiento de uso del mismo. A continuación, se detalla el procedimiento seguido para el edificio 5 de 5 pisos, este procedimiento es el mismo que se aplicó para las demás edificaciones.

En la figura 13, 14 se muestra la creación de los materiales y secciones con las características de los materiales descritos en el capítulo 5.1.3. Se creó concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> y albañilería con  $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$ , propio de un ladrillo tipo IV.

**Figura 13**

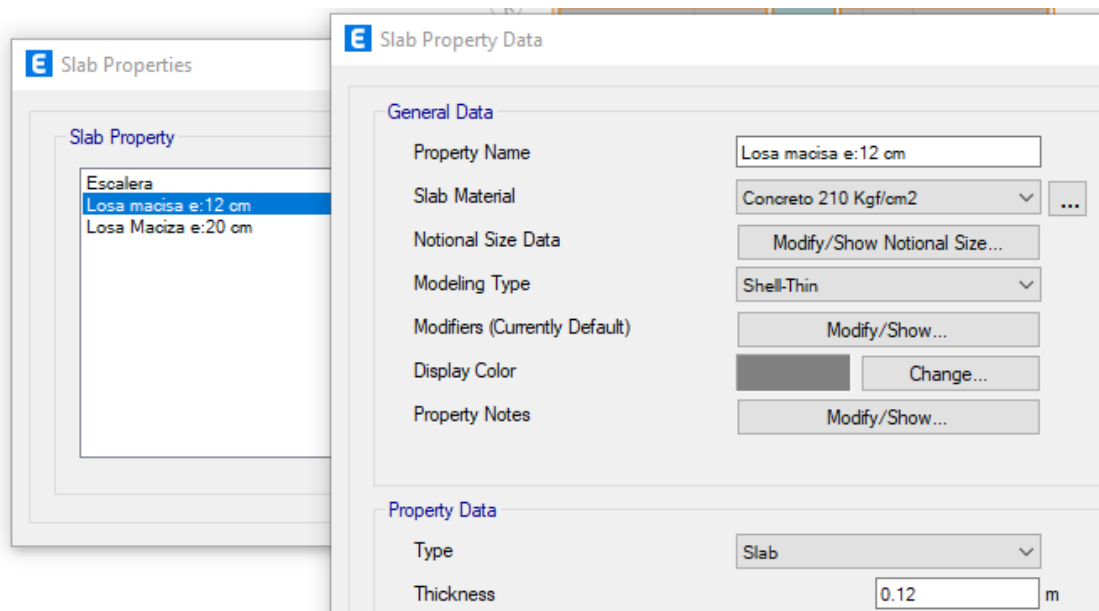
*Materiales y secciones tipo Frame*



Nota. Captura tomada del software Etabs v23

**Figura 14**

*Creación de las losas macizas bidireccionales*

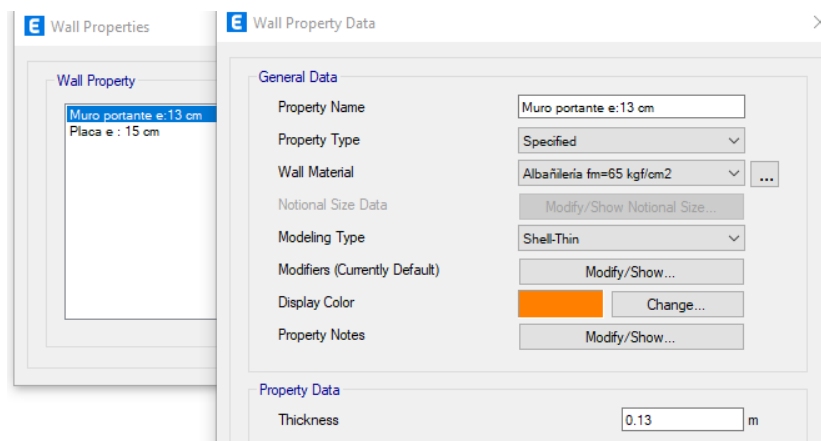


Nota. Captura tomada de Etabs.

En las figuras 15 y 16 se consideró el uso de modelo Shell – Thin dado que los elementos tipo Shell aportan rigidez frente a la flexión; es decir, soportan parte de la carga mediante la deformación por flexión. Esto significa que la carga no se transfiere en su totalidad a las vigas y columnas. Esta es la diferencia con los elementos tipos membrana, quienes transfieren el 100% de la carga, además solo tienen 3 grados de libertad, mientras que los elementos tipo Shell tienen 6 grados de libertad. Ahora bien, se eligió Thin porque las losas son de espesor pequeño y también para una mayor rapidez en la corrida del modelo.

**Figura 15**

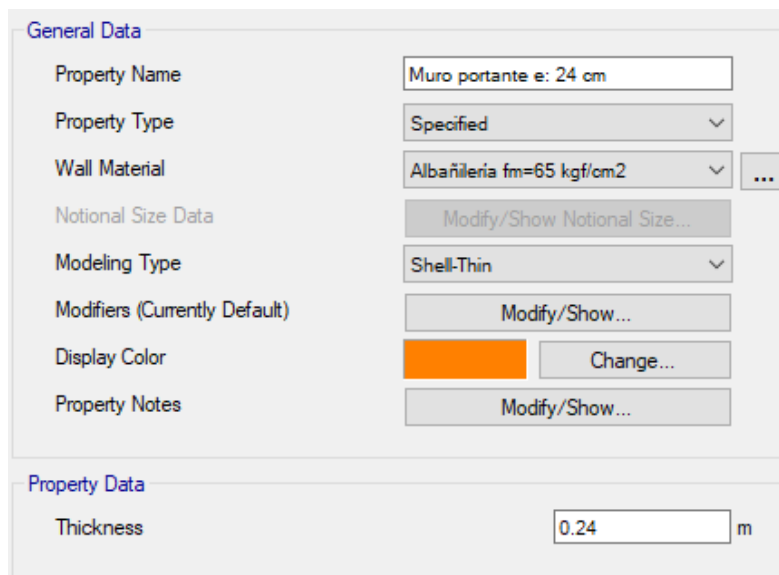
*Creación de los muros portantes de  $t=13\text{ cm}$*



*Nota.* Tomado del modelo de Etabs v23.

**Figura 16**

*Creación de muros portantes de  $t=24\text{ cm}$*

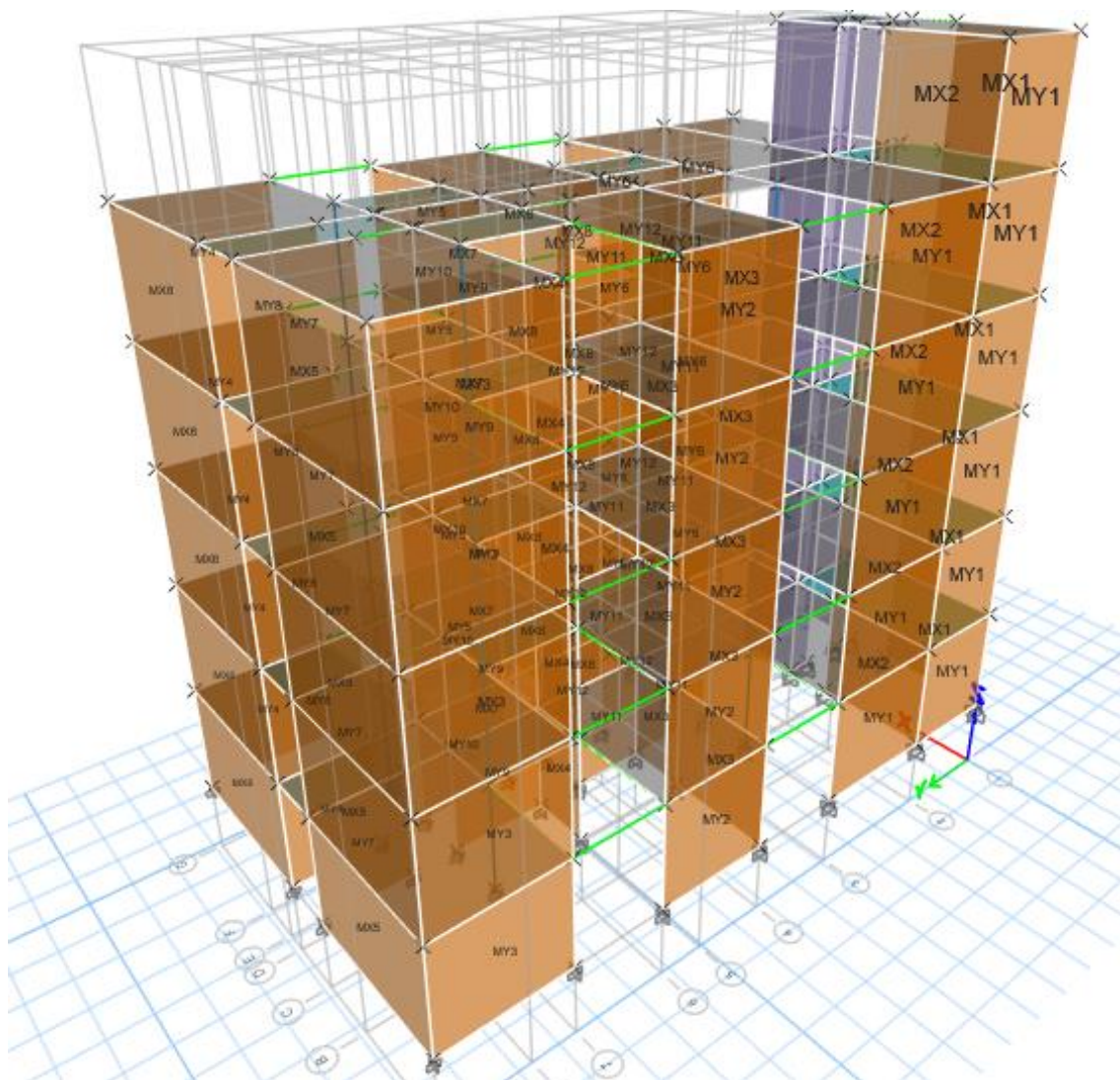


*Nota.* Tomado del modelo de Etabs v23

En la figura 17 y 18 se muestra el modelo terminado en el software Etabs. Este se diseñó con los materiales y secciones anteriormente creadas como muros portantes, columnas de amarre, vigas dintel, placas y losas. Asimismo, se asignó los *piers labels* o etiquetas de cada muro y los diafragmas para cada piso.

**Figura 17**

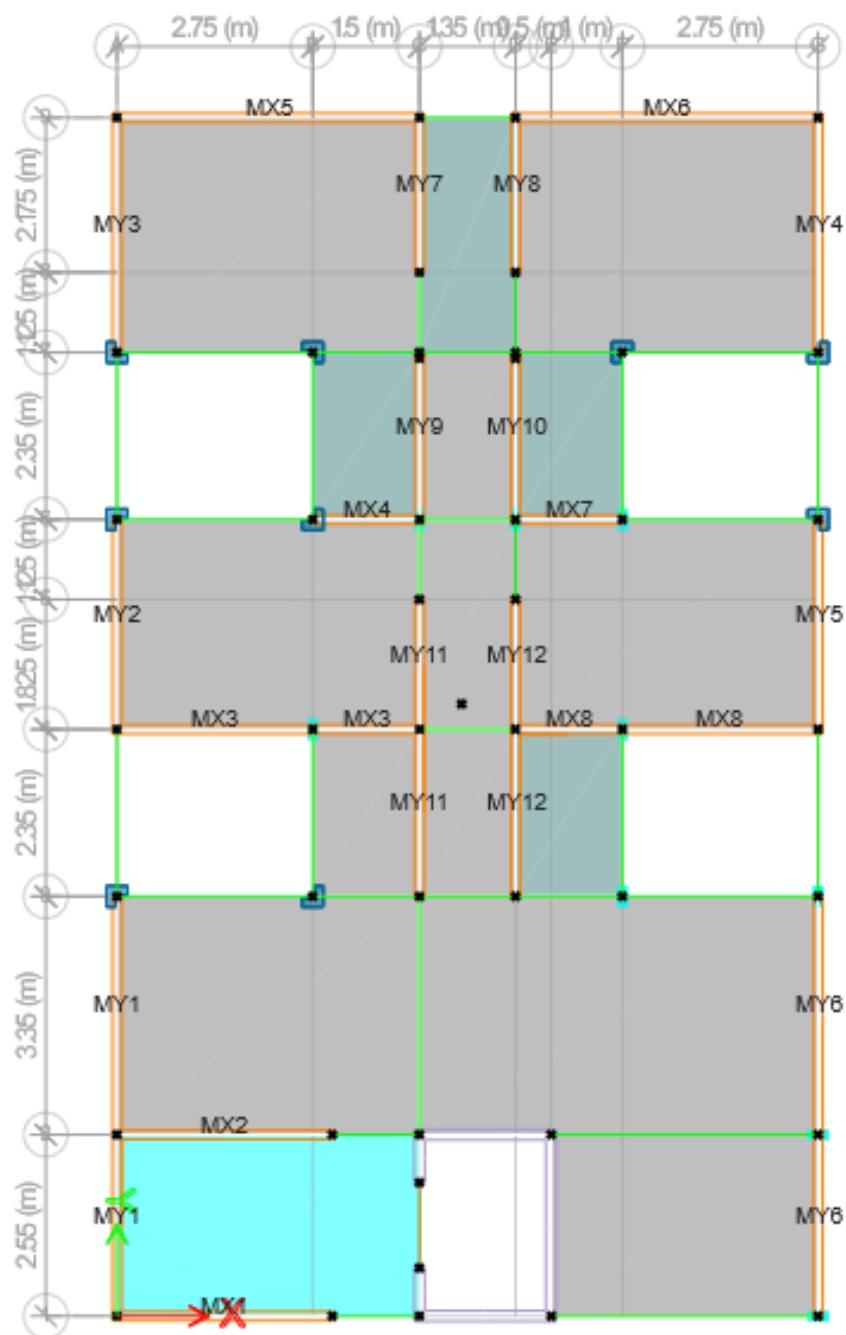
*Modelo estructural del edificio 5*



*Nota.* Tomado del modelo de Etabs

**Figura 18**

*Distribución estructural del edificio 5*



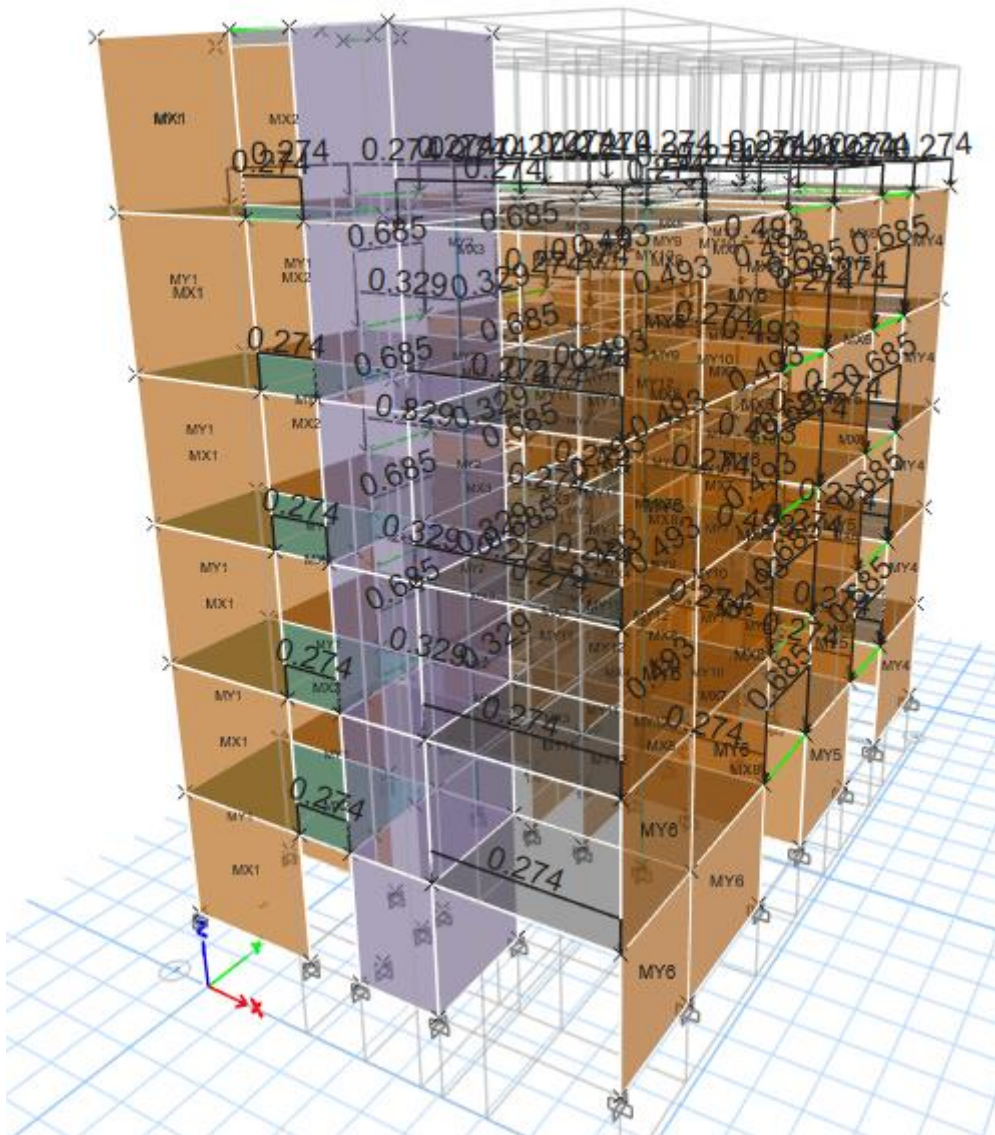
*Nota.* Tomado del modelo de Etabs

En la figura 19 se señalan las cargas asignadas al modelo según los criterios de uso del espacio y la norma E.020 de cargas. Luego se procedió a realizar la crear los patrones y casos de carga y sus respectivas combinaciones. Asimismo, se creó el espectro de pseudoaceleraciones con los parámetros sísmicos de la NTE - E.030 Sismorresistente.



**Figura 19**

*Asignación de cargas del edificio 5*



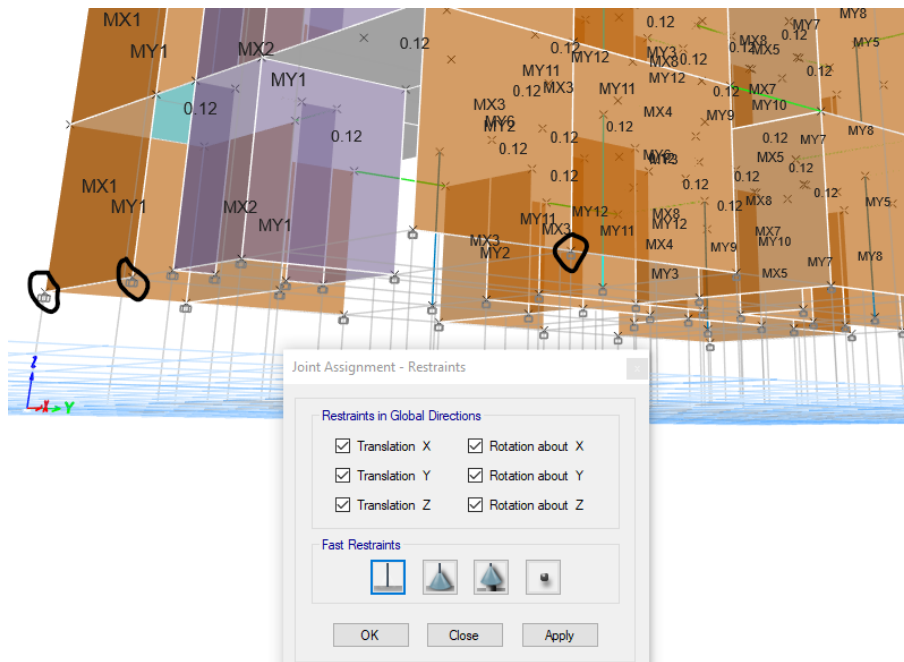
*Nota.* Extraído del modelo de Etabs de edificio de 5 pisos

Las cargas muertas de la tabiquería se asignaron al software como carga lineal, esto se debe a que los muros portantes no pueden recibir cargas puntuales. En caso se quiera asignar una carga puntual se deberá asignar un elemento estructural vertical.

Luego de asignar las cargas, se procedió a fijar la base para la condición empotrada como se visualiza en la figura 20 y a aplicar el coeficiente de balasto vertical ( $C_1$ ) y horizontal ( $C_2$ ) que se detallan en las figuras 21 al 24. Para la interacción suelo estructura se utilizó el método de Pasternak para dos estratos.

**Figura 20**

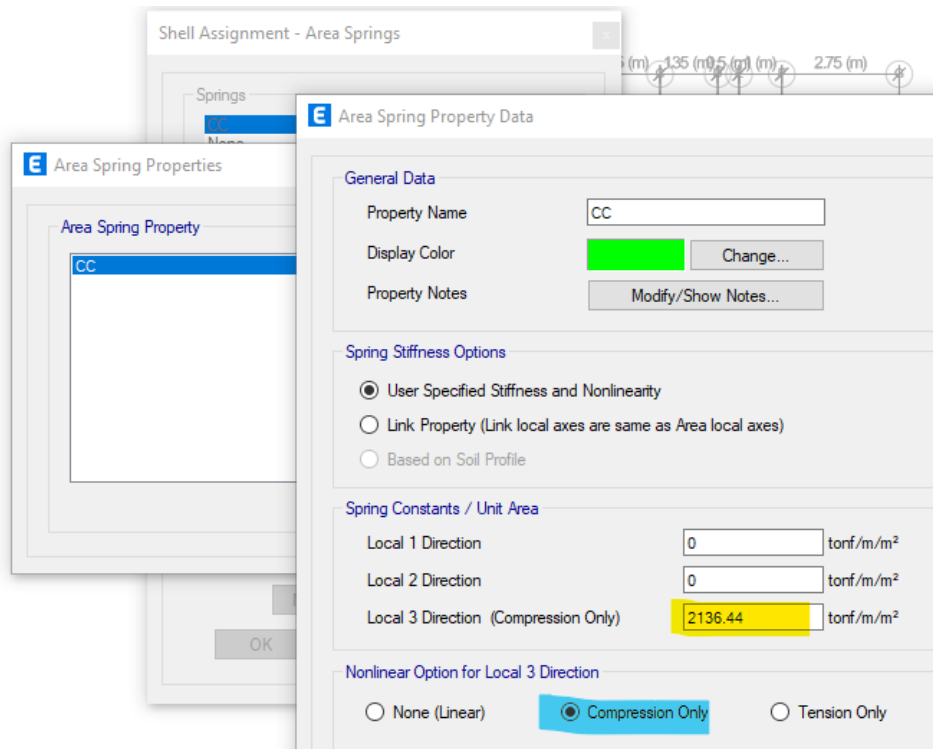
*Asignación de base empotrada*



*Nota.* Tomado del modelo de Etabs del edificio 5

**Figura 21**

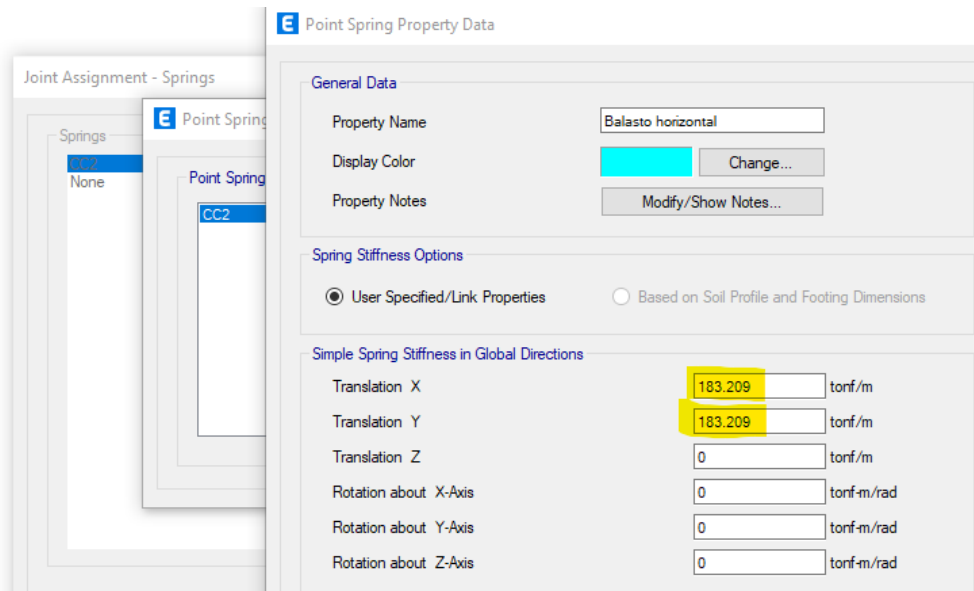
*Asignación del coeficiente de balasto vertical para dos estratos*



*Nota.* Extraído del modelo Etabs

**Figura 22**

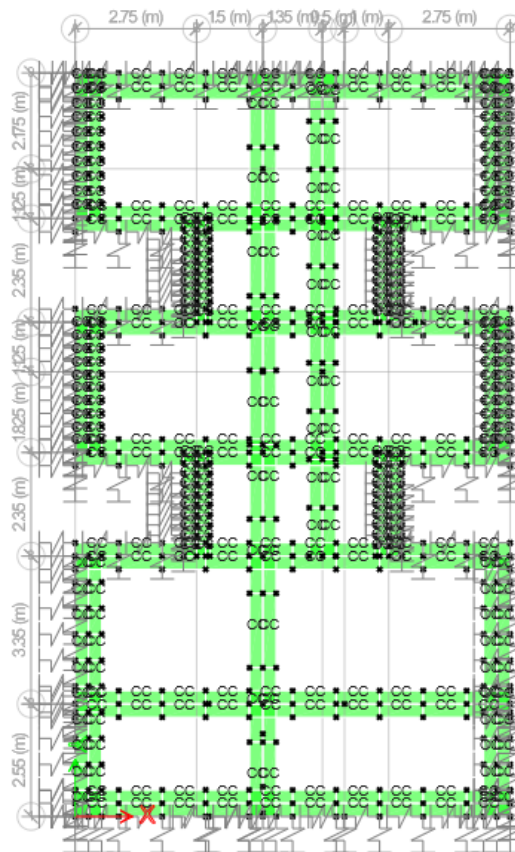
*Asignación del balasto horizontal*



*Nota.* Extraído del modelo de Etabs

**Figura 23**

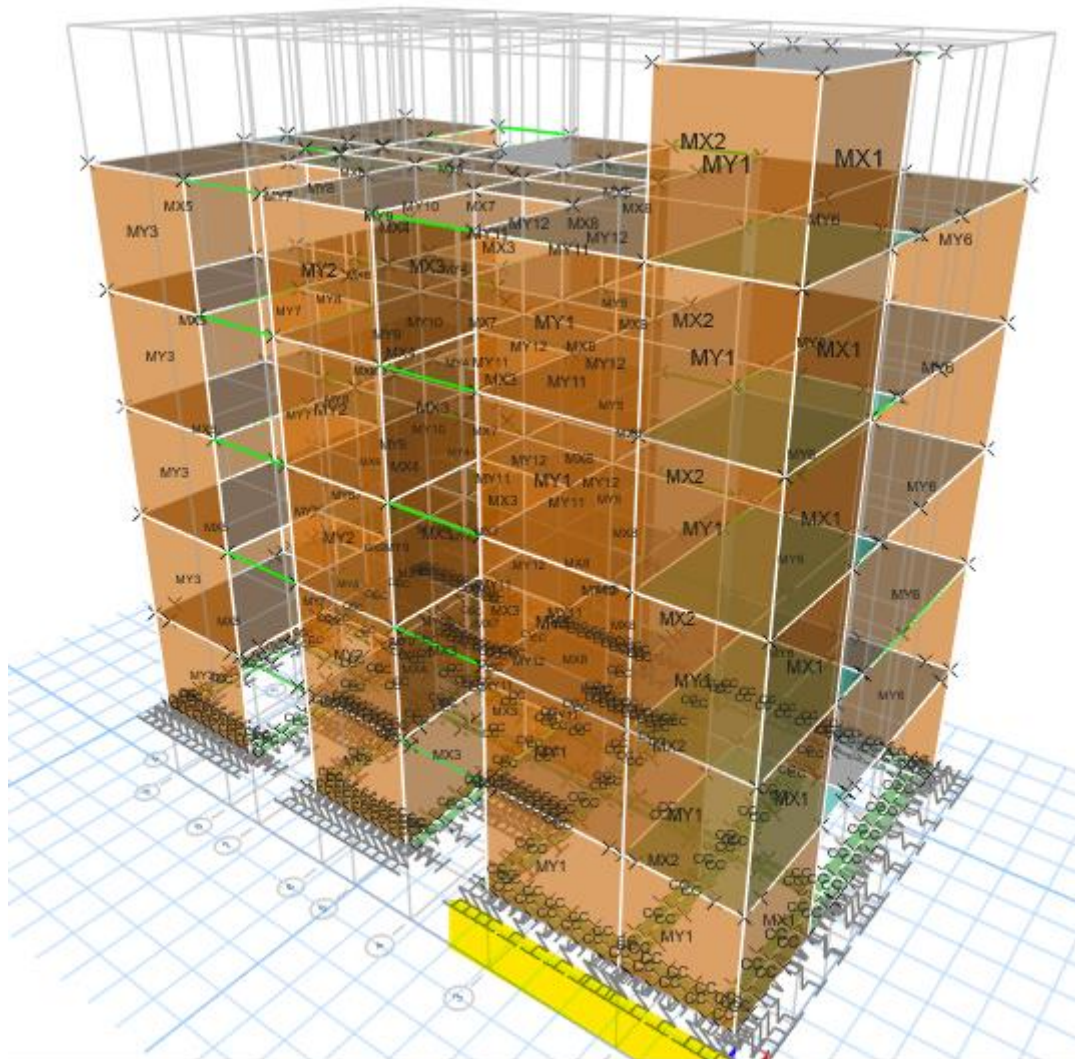
*Distribución de los balastos asignados*



*Nota.* Extraído del modelo de Etabs

**Figura 24**

*Diseño según el modelo de Pasternak*

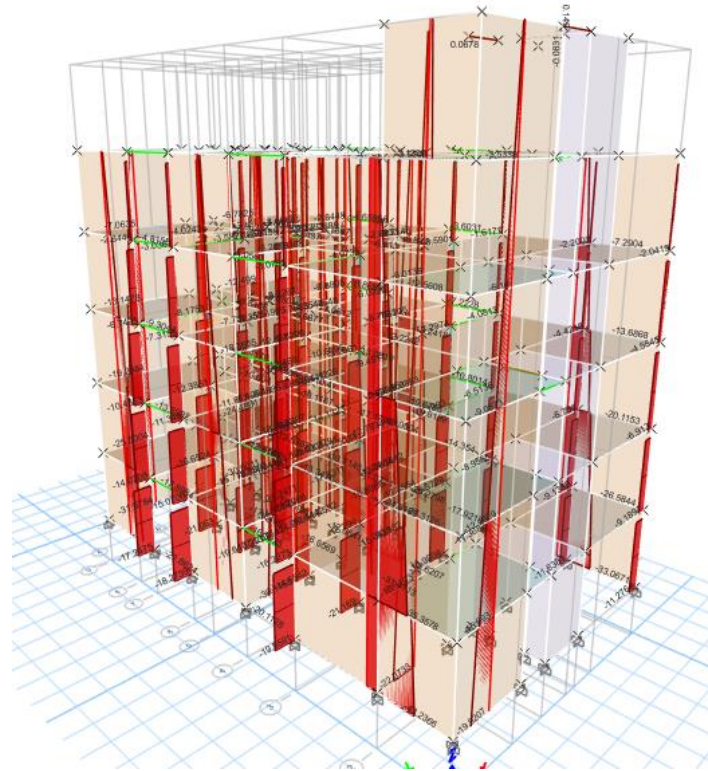


*Nota.* Extraído del modelo de Etabs

Después de ello, se procede a determinar el esfuerzo máximo mediante el análisis gravitacional del edificio para ambos métodos que son analizados en el capítulo de resultados. Para este análisis se consideran todas las cargas gravitacionales muertas y vivas del edificio como se visualiza en las figuras 25 y 26.

**Figura 26**

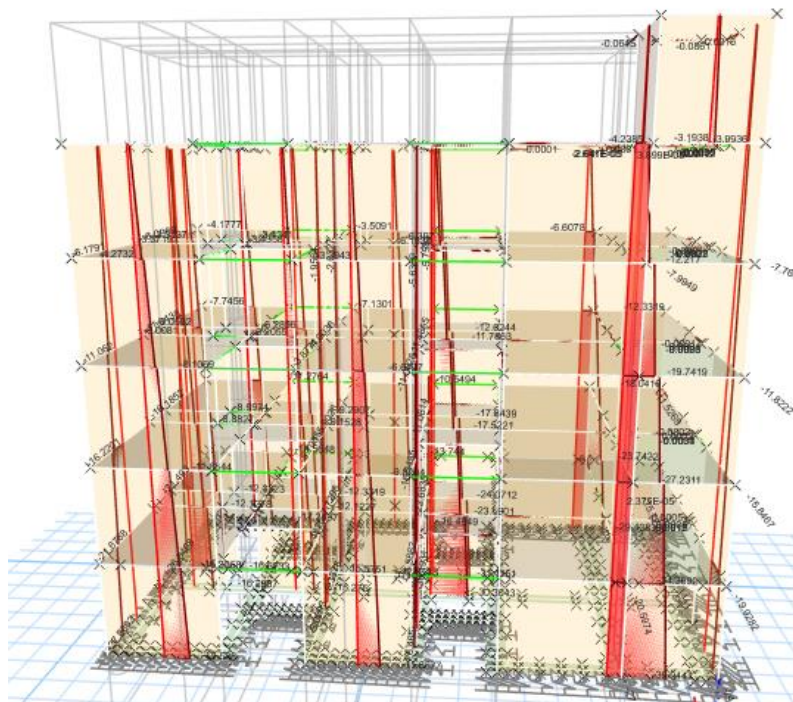
*Fuerza gravitacional para base empotrada*



Nota. Tomado del modelo de Etabs del edificio 5

**Figura 25**

*Fuerza gravitacional para ISE*

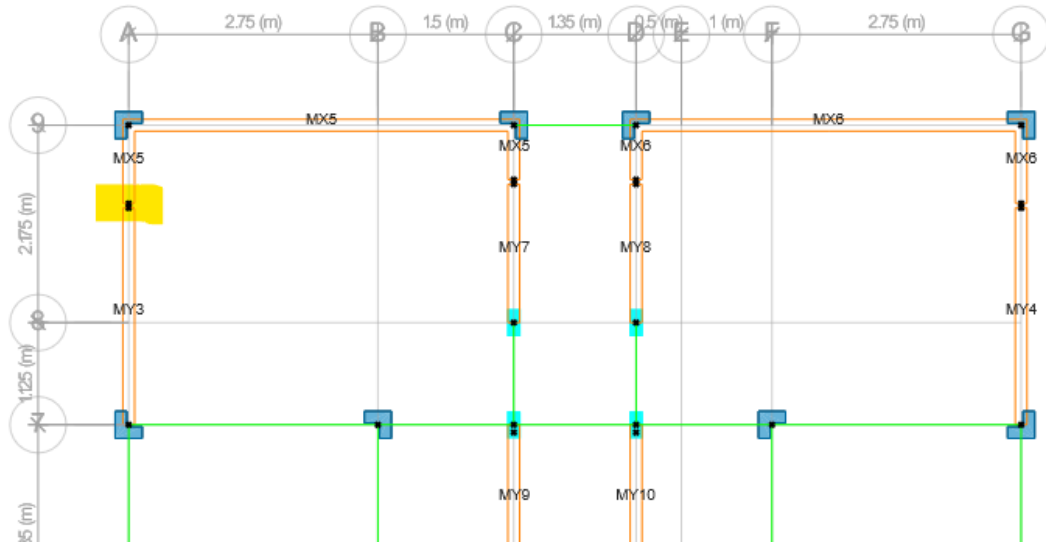


Nota. Tomado del modelo de Etabs del edificio 5

Para el cálculo de la fuerza cortante y el momento flector se realizó para sismo dinámico en X y sismo dinámico en Y. Asimismo, se consideró 1/4 de la longitud del muro portante perpendicular al eje del muro en estudio como se visualiza en las figuras 27 y 28.

**Figura 27**

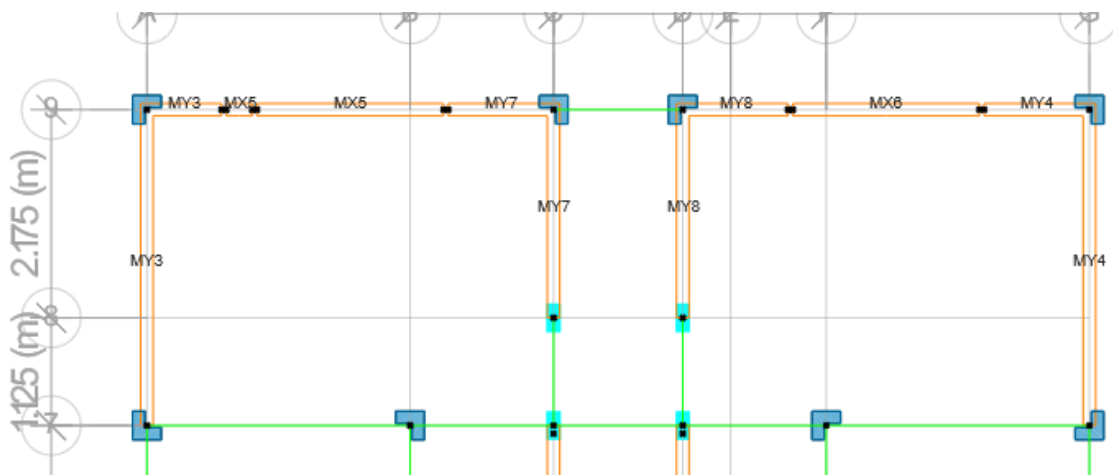
*Análisis sísmico en el eje X*



Nota. Tomado del modelo de Etabs del edificio 5

**Figura 28**

*Análisis sísmico en el eje Y*

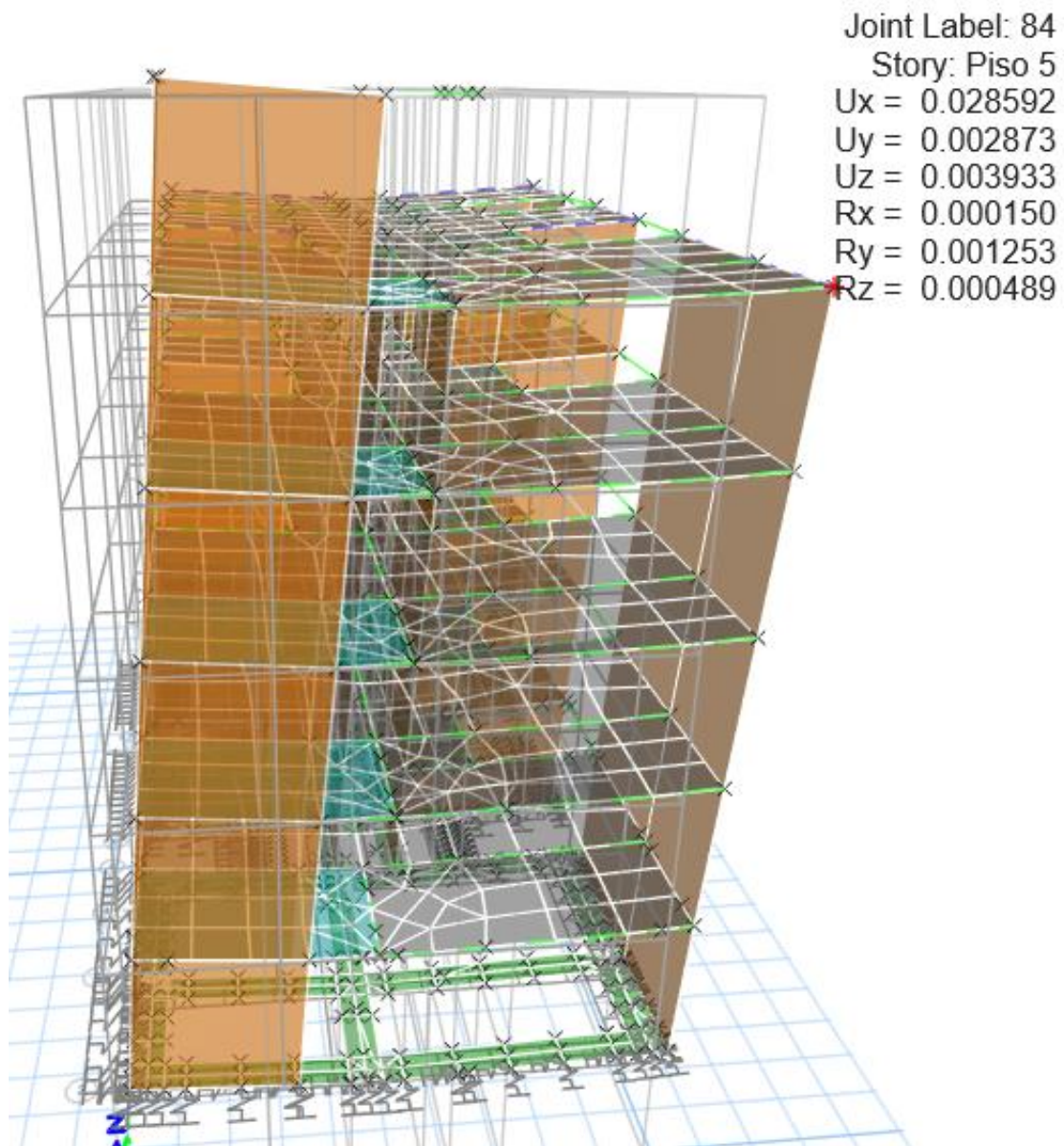


Nota. Tomado del modelo de Etabs del edificio 5

Luego de ingresar todos los datos al software y las condiciones en estudio, se obtuvieron los datos para ser analizados y comparados entre sí. En las figuras 29 y 30 se muestran los desplazamientos de los edificios en el eje X e Y, respectivamente.

### Figura 29

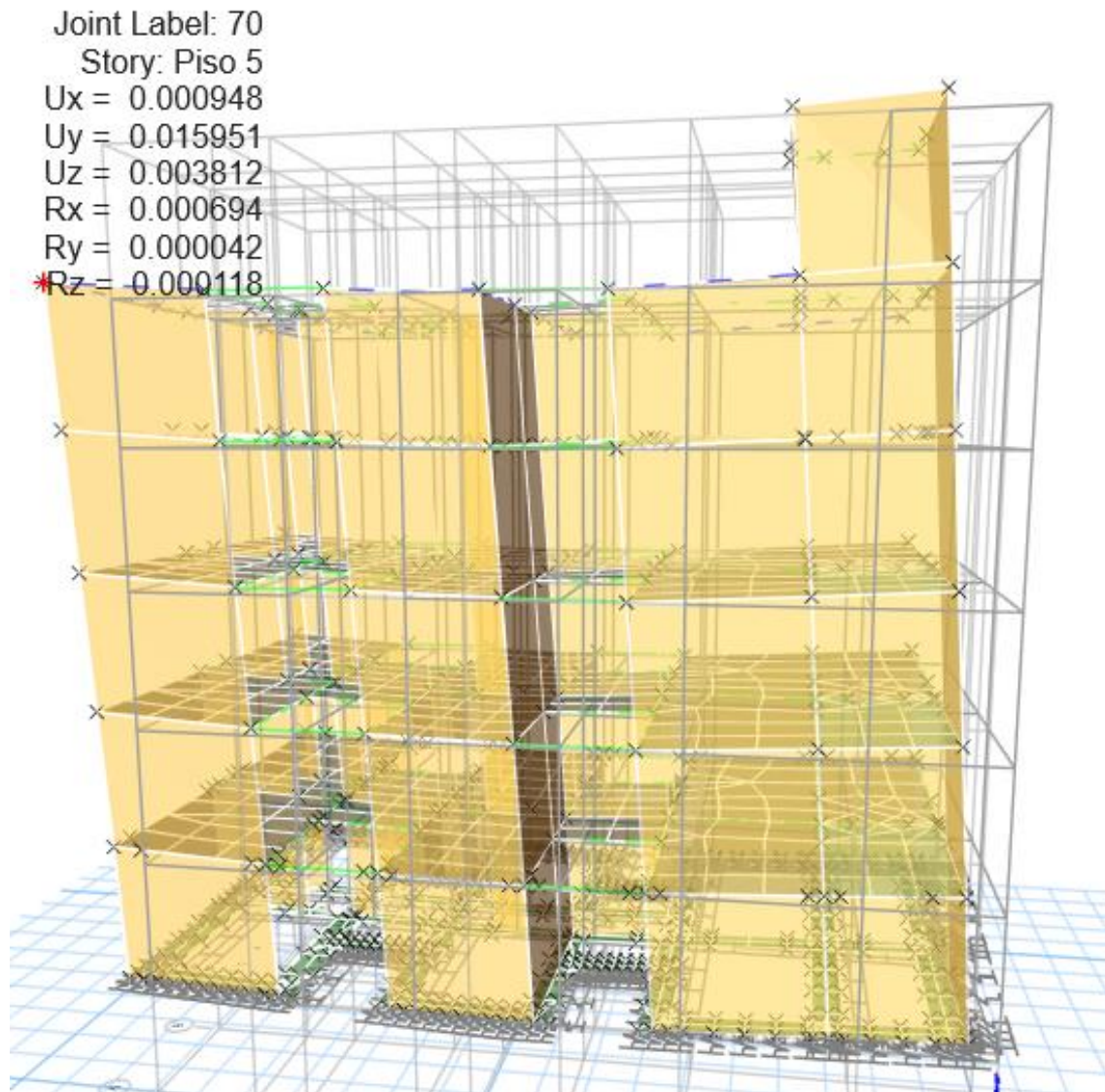
*Comportamiento sísmico en el eje X*



*Nota.* Extraído del modelo de Etabs

**Figura 30**

*Comportamiento sísmico en el eje YX*



*Nota.* Extraído del modelo de Etabs

## 5.2. Aplicación estadística

Se realizó la prueba de normalidad mediante Shapiro – Wilk cuyos resultados se muestran en la tabla 27. Se planteó como hipótesis (H0): los datos tienen una distribución normal.



**Tabla 27***Resultados de la prueba de normalidad*

Componentes	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	sig
Comportamiento de la estructura	0.838	10	0.042
Propiedades mecánicas del suelo	0.655	10	0.000
Fuerzas internas del edificio	0.893	10	0.018
Deformación y desplazamiento del edificio	0.760	10	0.005

En la tabla 38, se observa que el P valor (sig.) es menor que 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluyó que los datos no poseen distribución normal y, por lo tanto, se utilizó el estadístico de Wilcoxon para la prueba de hipótesis. Se procedió a realizar las pruebas de hipótesis para las 4 hipótesis planteadas en esta investigación. (Prueba no paramétrica. Mismos edificios medido en dos momentos)

H1: La interacción suelo -estructura afecta al comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023.

H0: La interacción suelo - estructura no afecta al comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023.

**Tabla 28***Estadístico de prueba de la hipótesis general*

Comportamiento de la estructura	
Z (estadístico)	-2.060
Sig. asintótica (bilateral)	0.039

En la tabla 28, como el P valor es menor que 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la interacción suelo - estructura afecta al comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en La Molina, Nueva Cajamarca, 2023.

H1: Las propiedades resistentes del suelo de fundación influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.

H0: Las propiedades resistentes del suelo de fundación no influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.

**Tabla 29**

*Estadístico de prueba de la hipótesis secundaria 1*

<b>Propiedades mecánicas del suelo</b>	
Z	-2.236
Sig. asintótica (bilateral)	0.025

En la tabla 29, se observa que el P valor es menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las propiedades resistentes del suelo de fundación influyen en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos.

H1: Las fuerzas internas incrementan el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura.

H0: Las fuerzas internas que no incrementan al comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura.

**Tabla 30**

*Estadístico de prueba de la hipótesis secundaria 2*

<b>Fuerzas internas del edificio</b>	
Z	-2.023
Sig. asintótica (bilateral)	0.043

En la tabla 30, se visualiza que el P valor es menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que Las fuerzas internas incrementan el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante la interacción suelo estructura.

H1: Las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos aumentan en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.

H0: Las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 pisos no aumentan en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.

**Tabla 31**

*Estadístico de prueba de la hipótesis secundaria 3*

<b>Deformación y desplazamiento del edificio</b>	
Z	-1.753
Sig. asintótica (bilateral)	0.008

En la tabla 31, se observa que el P valor es menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las deformaciones y desplazamientos del edificio de albañilería confinada de 5 piso aumentan en el comportamiento sísmico del edificio de albañilería confinada de 5 pisos mediante interacción suelo estructura.

## **CAPÍTULO 6. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

### **6.1. Beneficios no financieros**

#### **Contribución al conocimiento científico**

La investigación aporta valiosos hallazgos al campo de la ingeniería sismorresistente. En particular, enriquece la comprensión del comportamiento real de un edificio ante fuerzas sísmicas de zona 3. Y este es un campo que es fundamental abordar para la seguridad y la eficiencia de las construcciones.

#### **Mejora de las prácticas de construcción**

Los resultados de la tesis poseen el potencial de influir en las prácticas de construcción en la zona de Nueva Cajamarca. Los hallazgos promueven técnicas más seguras y eficientes al considerar mayores desplazamientos ayudando a construir edificios más resistentes a los terremotos.

#### **Formación de políticas públicas**

Los resultados de esta tesis se deben utilizar como propuesta de utilizar el análisis de interacción suelo estructura en el diseño de edificios locales y nacionales. Estos hallazgos permiten actualizar las normas peruanas como la NTE - E.030 y la NTE - E.070.

#### **Seguridad pública**

La interacción suelo estructura permite entender, de manera real y precisa, el compartimento de los edificios de albañilería confinada frente a eventos sísmicos y esto permite fomentar la seguridad en la construcción al amplificar factores para disminuir los desplazamientos laterales y fuerzas internas.

### **6.2. Evaluación del impacto social y/o ambiental**

El impacto social se manifiesta en la mejora de la seguridad y el bienestar de los pobladores de la Molina, Nueva Cajamarca, al proporcionar una explicación más profunda de cómo los edificios responden a los sismos. Los hallazgos de la tesis influyen en las prácticas de construcción, promoviendo la construcción de edificios más seguros y resistentes a los sismos. Esto reduce el riesgo de lesiones o muertes durante un terremoto,

y aumentando la resiliencia de la infraestructura local. Además, la tesis sirve como una herramienta educativa valiosa, aumentando la conciencia pública sobre los riesgos sísmicos y la importancia de la construcción segura utilizando la interacción suelo estructura. Respecto al impacto ambiental, la tesis contribuye a la conservación del medio ambiente al promover técnicas de construcción más eficientes. Los edificios más resistentes a los terremotos pueden requerir menos reparaciones y reconstrucciones, lo que puede reducir el consumo de recursos y la generación de residuos de construcción.

### 6.3. Evaluación económica financiera

El diseño sísmico considerando la empotrada resultó más económico que el diseño donde se considera la interacción base estructura. Esta diferencia se debe a factores como la formación sobre los métodos de aplicación de la condición de suelo flexible, el desgaste informático y la asesoría externa sobre la aplicación correcta de dicho método. Para esta investigación se realizó la matrícula en 3 cursos para el estudio de todos los criterios que deben considerar tanto para la condición empotrada como flexible. En la tabla 32 se muestran los montos utilizados en la formación de los temas tratados en la presente investigación y en la tabla 33 se indica el monto utilizado en el informe de mecánica de suelos donde se cimentará el edificio en estudio.

**Tabla 32**

*Inversión de cursos afines a la tesis*

<b>Curso</b>	<b>Monto</b>
Diseño de albañilería confinada TEDI	S/ 210.00
Diseño considerando Interacción Suelo Estructura	S/ 270.00
Albañilería confinada EMEQ	S/ 170.00
<b>Total</b>	<b>S/ 650.00</b>

**Tabla 33**

*Costo de estudio de mecánica de suelos*

<b>Ensayos</b>	<b>Monto</b>
Estudio de Mecánica de Suelos de edificio	S/ 2,500.00

En la tabla 34 y figura 31 se muestran las diferencias económicas desde el punto de vista del diseño sísmico para ambas metodologías. Se observa que el modelo de Pasternak de interacción suelo estructura involucra S/ 200.00 más de inversión respecto al de base empotrada. Estos valores se pueden incrementar en función de la complejidad del proyecto. Pese a que el modelo de suelo flexible posee un mayor costo, este se justifica debido a que permite conocer un comportamiento más preciso del edificio ante un evento sísmico.

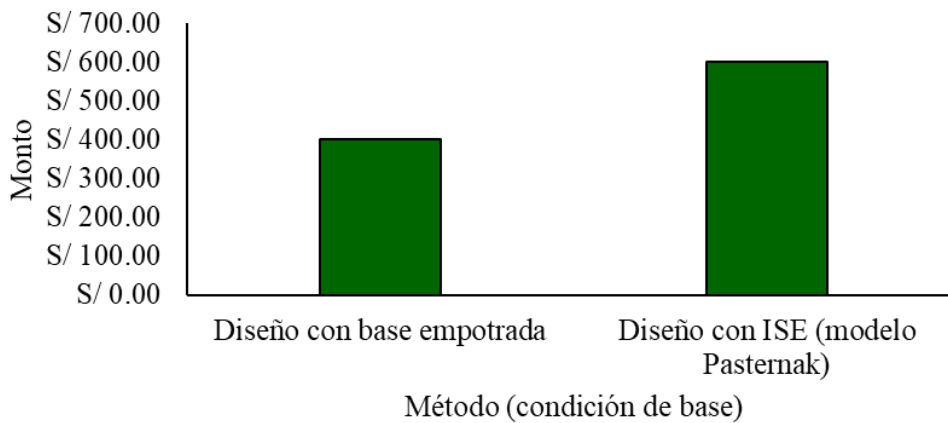
**Tabla 34**

*Inversión para ambos métodos de análisis*

<b>Estudios</b>	<b>Monto</b>
Diseño con base empotrada	S/ 400.00
Diseño con ISE (modelo Pasternak)	S/ 600.00
Diseño estadístico	S/ 500.00
<b>Total</b>	<b>S/ 1,500.00</b>

**Figura 31**

*Comparación de inversión de ambos métodos*



## CAPÍTULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Resultados

#### 6.1.1. Esfuerzo axial máximo

El esfuerzo axial máximo se obtuvo para las direcciones X e Y de todos los edificios en estudio. Asimismo, se verificó que cumplan con el criterio establecido en el artículo 7.1.1.b de la norma E.070. El esfuerzo axial máximo considera el total de la carga muerta y viva. En función de la resistencia a la compresión axial de albañilería el esfuerzo máximo que se permiten en los 5 edificios es  $90.8 \text{ t/m}^2$ .

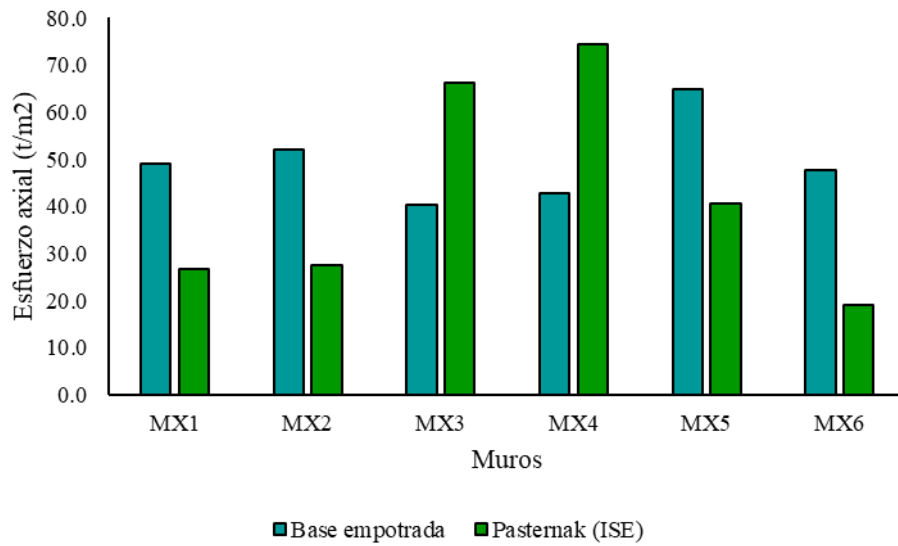
En la tabla 35 y figura 32 se compara los esfuerzos axiales del edificio 1 del eje X considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak disminuye respecto a la base empotrada, excepto cuando la longitud del muro es elevada como en los muros MX3 y MX4, donde absorben mayor carga y el esfuerzo axial aumenta.

**Tabla 35**

*Esfuerzo axial en el eje X – edificio 1*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ ( $\text{t/m}^2$ )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MX 1	3	0.13	49.0	26.6
MX 2	3	0.13	51.9	27.6
MX 2	18.19	0.13	40.4	66.1
MX 4	18.19	0.13	42.7	74.4
MX 5	4.51	0.13	64.8	40.7
MX 6	2.14	0.13	47.6	19.1

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 2.8 \text{ m}$  y se consideró  $f' m = 65 \text{ kg/cm}^2$

**Figura 32***Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 1*

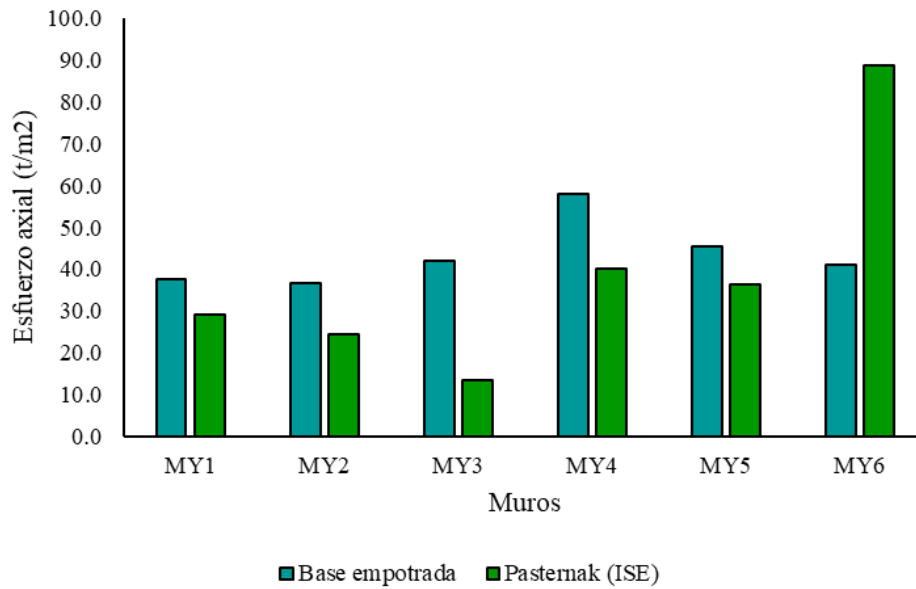
En la tabla 36 y figura 33 se compara los esfuerzos axiales del edificio 1 del eje Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal propósito, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak disminuye respecto a la base empotrada, excepto cuando la longitud del muro es elevada como en el muro MY6, donde absorbe mayor carga y el esfuerzo axial aumenta.

**Tabla 36***Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 1*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MY 1	2.65	0.24	37.5	29.0
MY 2	2.19	0.24	36.6	24.5
MY 3	1.35	0.24	41.9	13.4
MY 4	4.25	0.24	57.9	40.0
MY 5	2.96	0.24	45.5	36.3
MY 6	7	0.24	41.0	88.6

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 2.8$  m y se consideró  $f' m = 65$  kg/cm<sup>2</sup>



**Figura 33***Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 1*

En la tabla 37 y figura 34 se compara los esfuerzos axiales del edificio 2 del eje X considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak disminuye respecto a la base empotrada, excepto cuando la longitud del muro es elevada como en el muro  $M_{X9}$ , el cual absorbe mayor carga y el esfuerzo axial aumenta.

**Tabla 37***Esfuerzo axial en el eje X del – edificio 2*

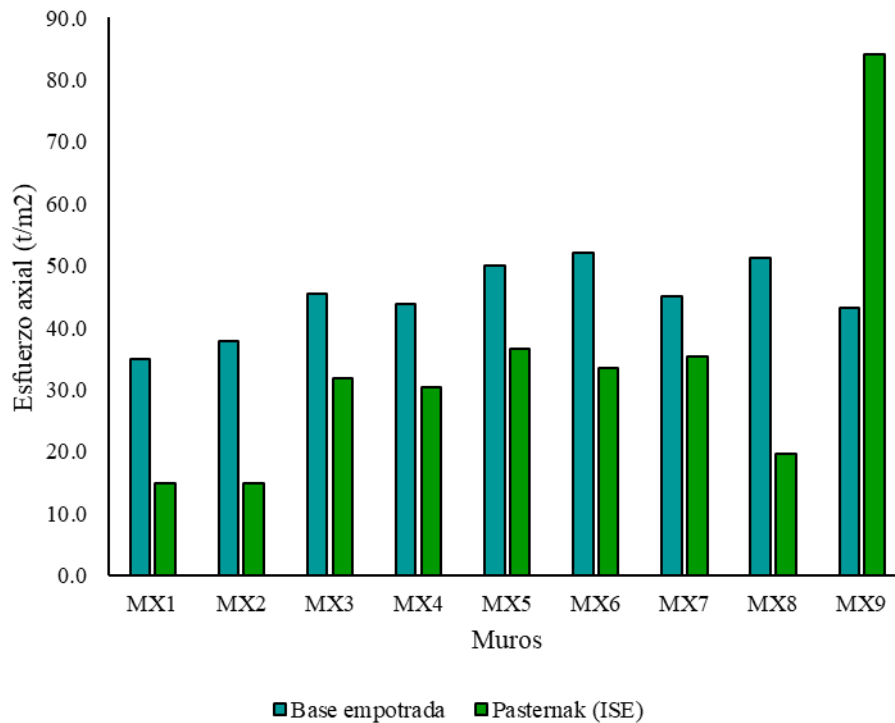
Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MX 1	2.04	0.24	34.9	14.9
MX 2	1.83	0.24	37.9	14.8
MX 3	3	0.24	45.5	31.9
MX 4	2.79	0.24	43.8	30.5
MX 5	3	0.24	50.0	36.5
MX 6	2.33	0.24	52.0	33.5
MX 7	3	0.24	45.1	35.3
MX 8	2.56	0.24	51.3	19.6

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MX 9	8	0.24	43.1	84.0

Nota. El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 3.14$  m y se consideró un  $f'_{cm} = 65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 34**

*Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 2*

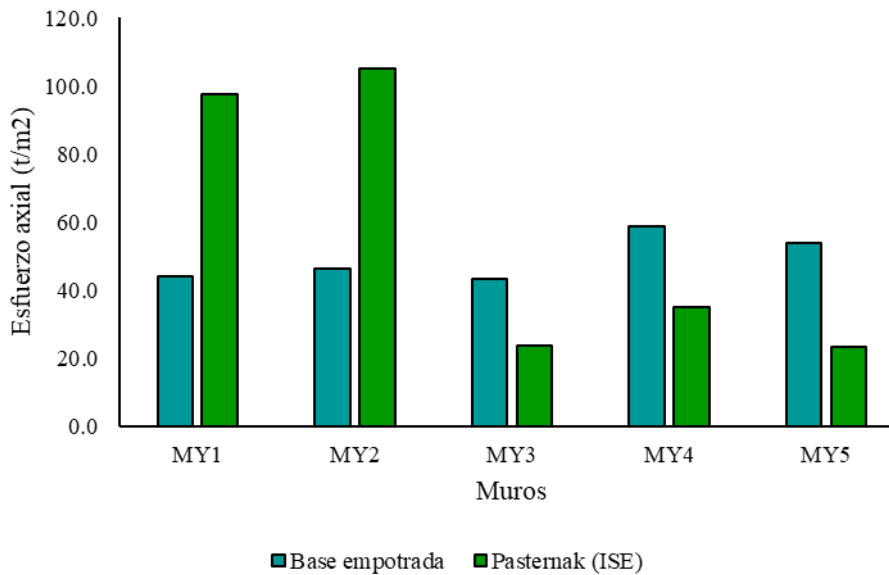


En la tabla 38 y figura 35 se compara los esfuerzos axiales del edificio 2 del eje Y considerando la base empotrada y la ISE mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak disminuye respecto a la base empotrada, excepto cuando la longitud del muro es elevada como en los muros MY1 y MY2, el cual absorbe mayor carga y el esfuerzo axial aumenta.

**Tabla 38***Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 2*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MY 1	15	0.13	44.0	97.6
MY 2	15	0.13	46.3	105.0
MY 3	4.2	0.13	43.4	23.6
MY 4	5.02	0.13	58.5	34.8
MY 5	3.15	0.13	53.9	23.2

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 3.14$  m y se consideró un  $f'_{cm} = 65$  kg/cm<sup>2</sup>

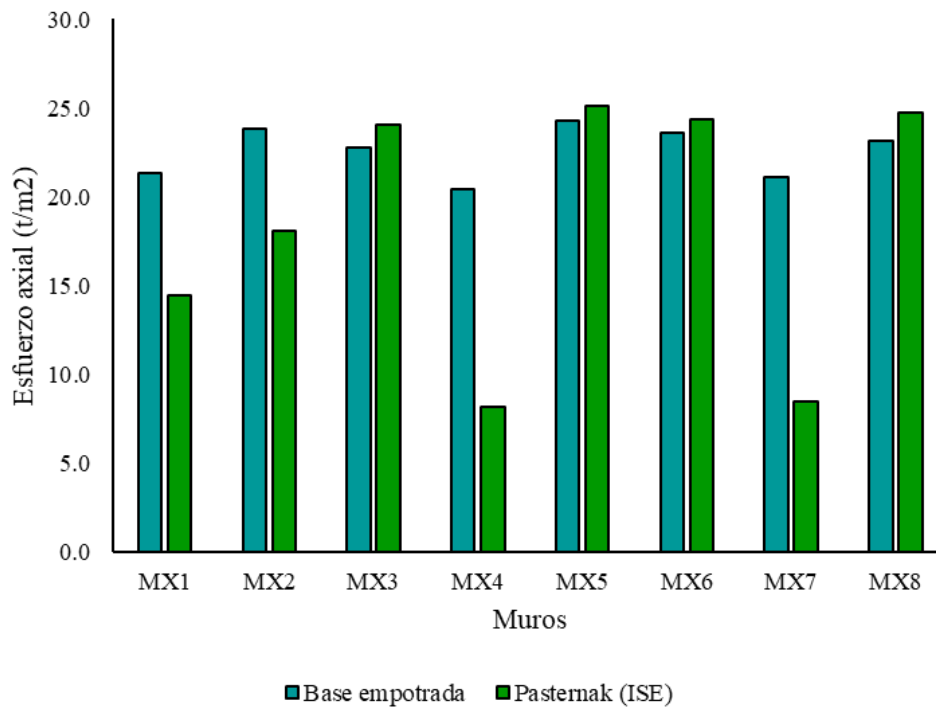
**Figura 35***Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 2*

En la tabla 39 y figura 36 se compara los esfuerzos axiales del edificio 3 del eje X considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak aumenta respecto a la base empotrada según aumente la longitud del muro portante.

**Tabla 39***Esfuerzo axial en el eje X – edificio 3*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MX 1	3.25	0.24	21.3	14.4
MX 2	3.25	0.24	23.8	18.1
MX 3	4.4	0.24	22.8	24.0
MX 4	1.65	0.24	20.4	8.1
MX 5	4.4	0.24	24.3	25.1
MX 6	4.4	0.24	23.6	24.3
MX 7	1.65	0.24	21.1	8.5
MX 8	4.4	0.24	23.2	24.7

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h=2.8$  m y se consideró un  $f^*m=65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 36***Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 3*

En la tabla 40 y figura 37 se compara los esfuerzos axiales del edificio 3 del eje Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de

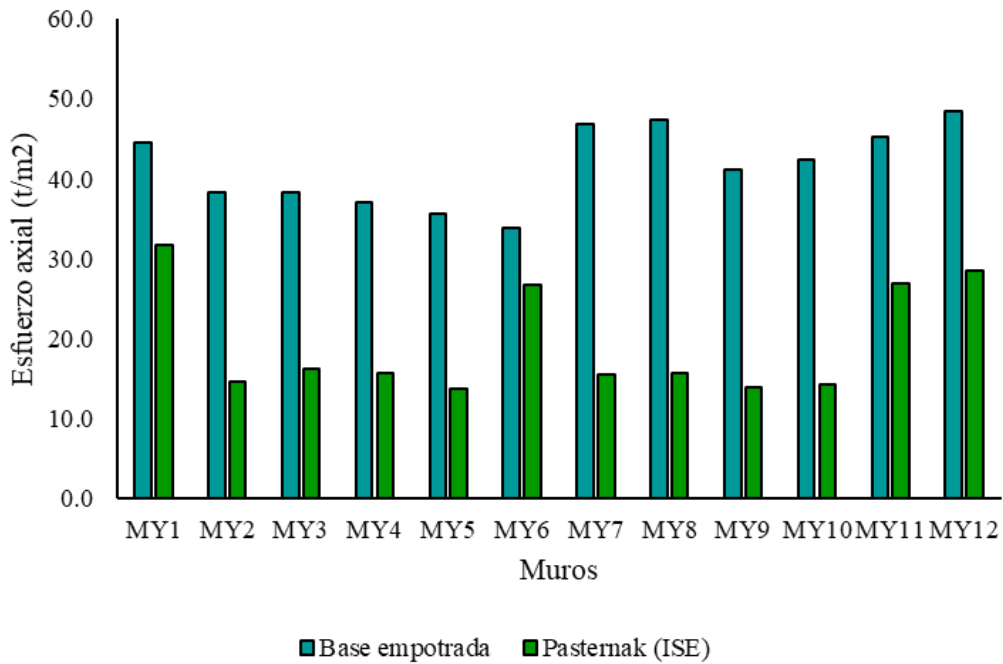
todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak es menor que de la base empotrada.

**Tabla 40**

*Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 3*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MY 1	6.05	0.13	44.6	31.7
MY 2	3.125	0.13	38.3	14.6
MY 3	3.47	0.13	38.2	16.1
MY 4	3.47	0.13	37.0	15.7
MY 5	3.1	0.13	35.7	13.7
MY 6	6.05	0.13	33.9	26.8
MY 7	2.4	0.13	46.9	15.5
MY 8	2.4	0.13	47.3	15.7
MY 9	2.5	0.13	41.2	13.9
MY 10	2.5	0.13	42.3	14.2
MY 11	4.4	0.13	45.2	26.9
MY 12	4.4	0.13	48.4	28.6

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 2.8$  m y se consideró un  $f' m = 65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 37***Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 3*

En la tabla 41 y figura 38 se compara los esfuerzos axiales del edificio 4 del eje X considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak es menor que de la base empotrada.

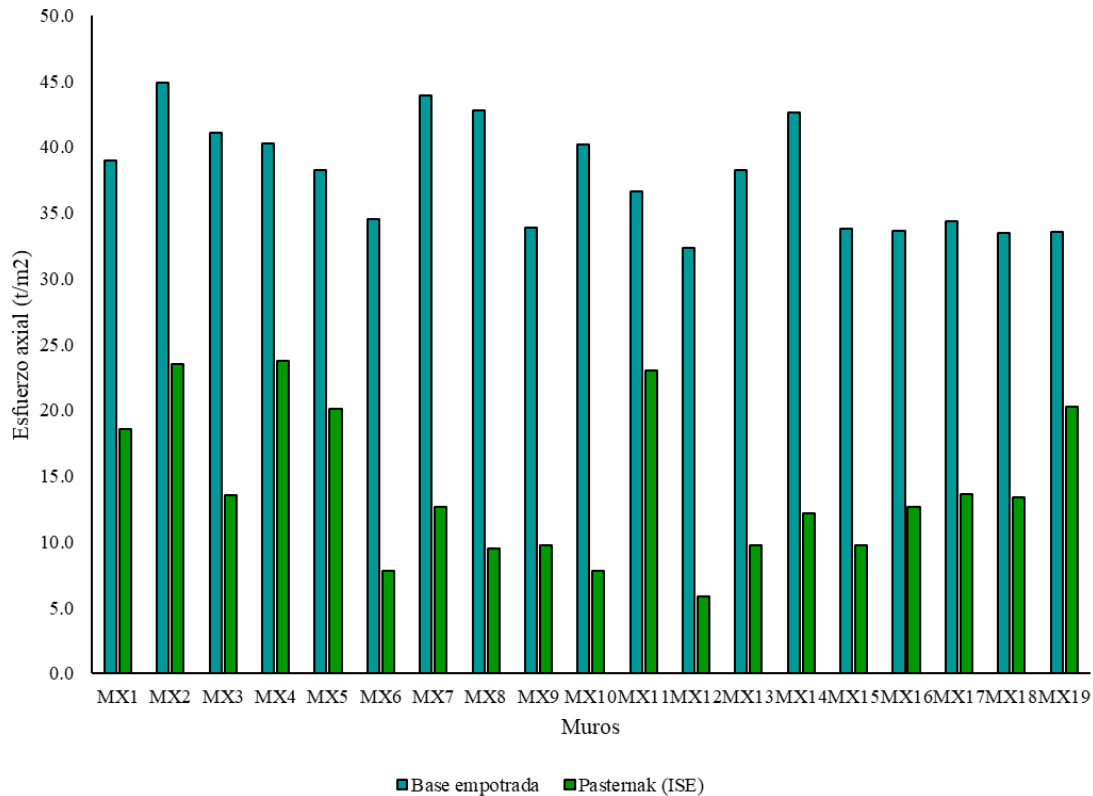
**Tabla 41***Esfuerzo axial en el eje X – edificio 4*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MX 1	3.29	0.13	38.9	18.6
MX 2	3.59	0.13	44.9	23.5
MX 3	2.55	0.13	41.1	13.5
MX 4	3.59	0.13	40.3	23.8
MX 5	3.29	0.13	38.2	20.1

MX 6	1.84	0.13	34.5	7.8
MX 7	1.84	0.13	43.9	12.7
MX 8	1.84	0.13	42.7	9.5
MX 9	1.84	0.13	33.9	9.7
MX 10	1.34	0.13	40.2	7.8
MX 11	4.42	0.13	36.7	23.0
MX 12	1.74	0.13	32.3	5.9
MX 13	1.84	0.13	38.3	9.7
MX 14	2.14	0.13	42.6	12.2
MX 15	1.84	0.13	33.8	9.7
MX 16	2.09	0.13	33.6	12.7
MX 17	2.39	0.13	34.4	13.6
MX 18	2.39	0.13	33.5	13.4
MX 19	3.43	0.13	33.5	20.2

---

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 2.70$  m y  $f' m = 65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 38***Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 4*

En la tabla 42 y figura 39 se compara los esfuerzos axiales del edificio 4 del eje Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak es menor que de la base empotrada.

**Tabla 42***Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 4*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MY 1	3.08	0.13	37.3	14.5
MY 2	1.59	0.13	43.7	12.1
MY 3	3.08	0.13	34.9	17.7
MY 4	2.93	0.13	41.5	17.7

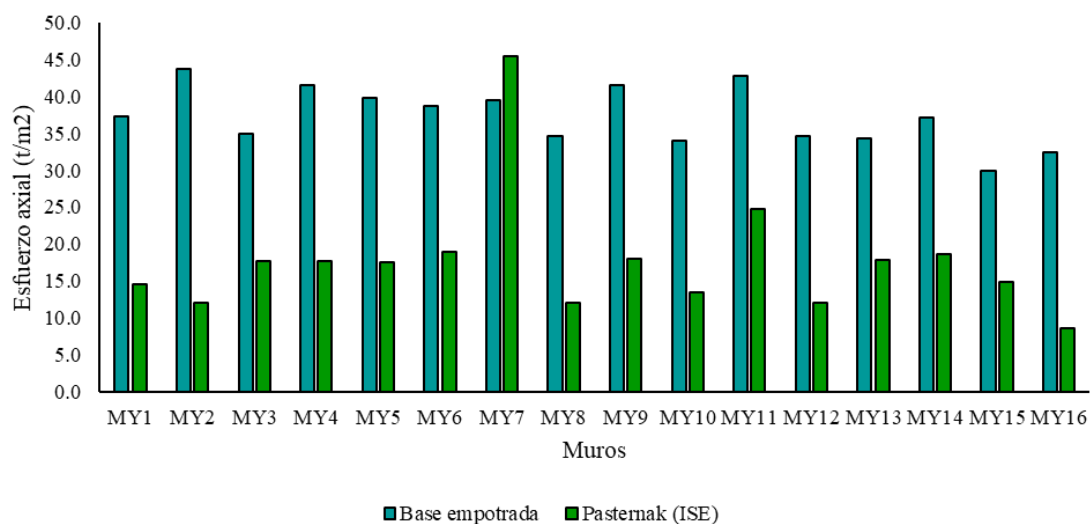


Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MY 5	3.08	0.13	39.8	17.6
MY 6	3.08	0.13	38.7	18.9
MY 7	5.87	0.13	39.5	45.5
MY 8	2.14	0.13	34.5	12.1
MY 9	2.93	0.13	41.4	18.0
MY 10	3.08	0.13	34.0	13.5
MY 11	2.93	0.13	42.7	24.8
MY 12	2.14	0.13	34.6	12.1
MY 13	2.93	0.13	34.2	17.9
MY 14	3.08	0.13	37.2	18.7
MY 15	2.93	0.13	30.0	14.8
MY 16	1.74	0.13	32.4	8.6

Nota. El edificio tiene una altura de entrepiso  $h=2.70$  m y  $f' m=65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 39**

Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 4



En la tabla 43 y figura 40 se compara los esfuerzos axiales del edificio 5 de 5 pisos del eje X considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el

máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak es menor que de la base empotrada

**Tabla 43**

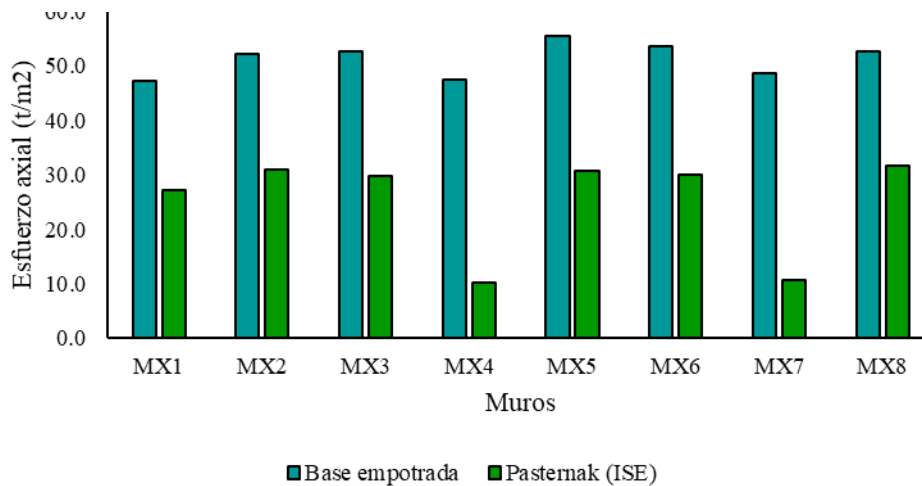
*Esfuerzo axial en el eje X – edificio 5*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MX 1	3.25	0.13	47.1	27.1
MX 2	3.25	0.13	52.2	30.9
MX 3	4.4	0.13	52.7	29.7
MX 4	1.65	0.13	47.6	10.2
MX 5	4.4	0.13	55.4	30.7
MX 6	4.4	0.13	53.5	30.1
MX 7	1.65	0.13	48.7	10.6
MX 8	4.4	0.13	52.7	31.7

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h=2.80$  m y se considera un  $f'm=65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 40**

*Comparación de esfuerzos axiales en el eje X – edificio 5*



En la tabla 44 y figura 41 se compara los esfuerzos axiales del edificio 5 de 5 pisos del eje Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura mediante Pasternak. Para tal motivo, se consideró solo el esfuerzo del piso 1 debido a que es el

máximo de todos los muros del edificio. Estos datos señalan que el esfuerzo axial de Pasternak es menor que de la base empotrada.

**Tabla 44**

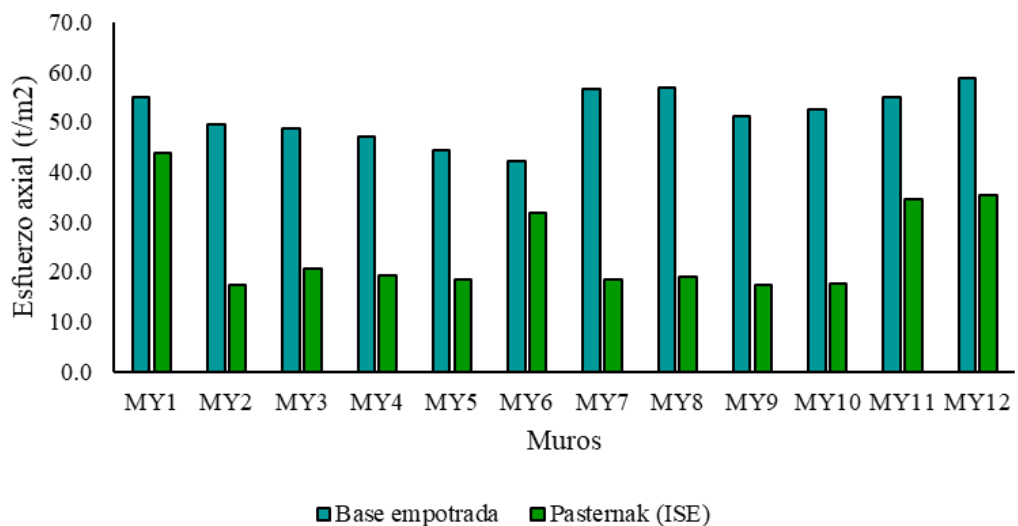
*Esfuerzo axial en el eje Y – edificio 5*

Muro	L (m)	t (m)	Esfuerzos axiales $\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	
			Base empotrada	Pasternak (ISE)
MY 1	6.05	0.13	55.0	43.9
MY 2	3.125	0.13	49.5	17.3
MY 3	3.45	0.13	48.7	20.7
MY 4	3.45	0.13	47.0	19.2
MY 5	3.1	0.13	44.5	18.4
MY 6	6.05	0.13	42.0	31.7
MY 7	2.4	0.13	56.5	18.4
MY 8	2.4	0.13	56.9	18.9
MY 9	2.5	0.13	51.3	17.3
MY 10	2.5	0.13	52.5	17.6
MY 11	4.4	0.13	55.0	34.6
MY 12	4.4	0.13	58.8	35.4

*Nota.* El edificio tiene una altura de entrepiso  $h = 2.80$  m y se considera un  $f'_{cm} = 65$  kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 41**

*Comparación de esfuerzos axiales en el eje Y – edificio 5*



### 6.1.2. Fuerzas internas de los edificios

Las fuerzas internas del edificio se obtuvieron considerando todos los muros del eje, incluyendo 1/4 de la longitud del muro portante perpendicular al muro en análisis (San Bartolomé, 1994) tanto para el modelo de base empotrada e interacción suelo estructura.

En la tabla 45 y 46 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 1 en el eje X. Dichos valores indican que las fuerzas cortantes y momentos flectores con base empotrada son mayores que cuando se consideran los coeficientes de flexibilidad de Pasternak (ISE).

**Tabla 45**

*Fuerza corte en el eje X – edificio 1*

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE
MX 1	0.5	0.5	1.8	1.2	3.0	1.6	4.5	1.5
MX 2	0.4	0.3	1.6	0.8	2.8	1.1	4.5	1.1
MX 3	14.4	11.6	25.7	19.7	33.4	24.9	35.7	29.2
MX 4	15.8	11.7	27.7	19.8	35.6	25.1	37.4	29.2
MX 5	1.3	0.6	3.6	1.5	5.4	2.1	7.2	2.3
MX 6	0.4	0.4	1.5	0.4	2.5	0.7	3.6	1.4

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

**Tabla 46**

*Momento flector en el eje X – edificio 1*

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE
MX 1	0.6	0.6	2.4	1.6	4.5	2.1	7.8	1.9
MX 2	0.5	0.6	2.1	1.0	4.2	1.4	7.9	1.4
MX 3	24.0	18.0	52.6	38.2	83.3	60.4	115.7	86.4
MX 4	26.2	18.8	55.4	38.8	83.9	59.4	110.4	80.7
MX 5	1.4	0.9	4.7	1.8	8.7	2.6	14.2	2.9
MX 6	0.5	0.7	2.1	0.5	3.6	1.0	5.7	2.2

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 47 y 48 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 1 en el eje Y. Dichos valores indican que las fuerzas cortantes y momentos flectores con base empotrada son mayores que cuando se consideran los coeficientes de flexibilidad de Pasternak (ISE).

**Tabla 47**

*Fuerza corte en el eje Y – edificio 1*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	4.2	1.4	8.9	2.2	12.3	2.4	15.1	4.2
MY 2	3.7	1.2	7.0	1.7	9.3	1.9	11.9	3.8
MY 3	2.2	0.8	3.7	0.9	4.8	1.0	6.2	1.6
MY 4	10.1	4.0	17.8	4.2	22.8	4.3	23.2	7.6
MY 5	2.3	1.3	5.2	1.3	7.5	1.0	9.7	2.5
MY 6	10.6	3.3	18.3	5.4	22.9	4.6	23.9	7.1

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

**Tabla 48**

*Momento flector en el eje Y – edificio 1*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	5.0	1.8	12.4	3.3	20.2	3.0	29.8	5.3
MY 2	4.4	1.5	9.6	2.5	14.5	2.4	21.7	5.2
MY 3	2.8	1.1	5.1	1.3	7.0	1.3	9.9	2.2
MY 4	12.4	5.8	27.9	7.6	44.3	6.2	59.4	9.4
MY 5	2.9	2.0	8.0	2.5	13.4	1.9	20.4	3.1
MY 6	17.9	6.6	39.8	13.5	65.0	14.5	89.9	16.0

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 49 y 50 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 2 en el eje X, considerando base empotrada y la interacción

suelo estructura. En este edificio se observa que las fuerzas cortantes aumentan y disminuyen según sea mayor o menor la longitud del muro, respectivamente.

**Tabla 49**

*Fuerza corte en el eje X – edificio 2*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MX 1	0.0	0.0	2.6	2.4	4.4	4.1	6.3	7.7
MX 2	0.0	0.0	2.8	3.0	4.5	4.7	6.3	7.4
MX 3	4.3	6.1	7.6	10.9	10.1	14.1	11.1	10.8
MX 4	4.0	6.4	6.9	10.3	9.0	12.6	10.1	12.6
MX 5	2.7	3.4	5.5	6.1	7.5	8.6	8.6	8.5
MX 6	1.9	2.1	3.6	3.3	4.8	3.9	6.0	10.3
MX 7	2.3	1.8	4.4	4.2	5.8	6.6	6.7	6.9
MX 8	3.1	3.3	4.5	4.5	5.2	3.7	5.7	8.1
MX 9	7.2	3.8	13.9	11.2	17.6	17.9	17.1	18.3

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

**Tabla 50**

*Momento flector en el eje X – edificio 2*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MX 1	0.0	0.0	4.3	3.2	8.4	6.8	14.5	15.3
MX 2	0.0	0.0	4.4	4.1	8.5	7.7	14.6	14.3
MX 3	6.5	8.3	12.8	15.8	20.4	23.2	27.9	19.6
MX 4	5.9	8.7	11.3	14.9	17.8	20.2	24.5	21.8
MX 5	4.0	3.9	9.6	8.5	15.7	14.1	22.2	16.2
MX 6	2.7	2.4	6.0	4.7	9.1	5.7	13.3	18.4
MX 7	3.4	2.2	7.9	6.2	12.4	11.4	17.2	12.8
MX 8	4.4	4.3	7.5	6.5	10.1	4.9	13.5	9.5
MX 9	17.6	7.0	48.3	24.7	87.0	57.4	127.3	95.5

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 51 y 52 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 2 en el eje Y, considerando base empotrada y la interacción suelo estructura. En este edificio se observa que las fuerzas cortantes aumentan y disminuyen según sea mayor o menor la longitud del muro, respectivamente.

**Tabla 51**

*Fuerza corte en el eje Y – edificio 2*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	11.9	13.4	23.3	27.2	30.6	37.5	32.9	40.0
MY 2	12.1	13.2	23.6	26.8	30.9	36.8	32.9	36.3
MY 3	0.0	0.0	3.6	2.9	5.5	3.8	7.5	9.1
MY 4	2.0	1.2	3.8	2.8	6.6	4.4	9.4	9.4
MY 5	1.1	0.8	2.0	2.0	3.6	3.7	5.4	7.2

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

**Tabla 52**

*Momento flector en el eje Y – edificio 2*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	23.2	25.6	53.7	61.2	83.7	95.3	115.8	142.8
MY 2	23.7	24.9	57.3	60.8	90.5	96.0	124.6	137.7
MY 3	0.0	0.0	5.0	3.1	9.7	3.9	16.6	11.4
MY 4	3.0	1.6	6.1	2.5	13.4	3.9	24.4	12.9
MY 5	1.7	1.0	3.1	2.7	6.1	6.0	11.1	14.1

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 53 y 54 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 3 en el eje X considerando base empotrada y la interacción suelo estructura. Las fuerzas cortantes y momentos flectores de la primera condición son mayores que la segunda.

**Tabla 53***Fuerza corte en el eje X – edificio 3*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MX 1	6.4	3.8	8.1	5.2	8.6	6.1	6.4	4.6
MX 2	7.1	4.8	9.0	6.7	9.7	8.0	7.3	6.1
MX 3	10.2	5.8	12.9	9.6	14.0	11.8	12.3	14.0
MX 4	1.9	0.9	2.7	2.1	3.4	3.1	4.2	5.4
MX 5	9.8	5.5	13.3	10.5	15.6	14.3	16.3	15.4
MX 6	10.0	5.6	13.4	10.6	15.6	14.3	16.3	15.4
MX 7	1.7	0.9	2.3	2.0	3.0	2.9	3.9	5.4
MX 8	10.7	6.4	13.4	10.2	14.5	12.4	12.5	14.7

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.**Tabla 54***Momento flector en el eje X – edificio 3*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MX 1	10.1	4.5	17.5	7.2	26.3	10.1	33.5	10.3
MX 2	11.5	6.0	18.5	9.6	26.1	12.6	31.0	11.8
MX 3	17.0	7.2	31.9	13.5	50.4	19.9	71.9	30.9
MX 4	2.1	1.1	4.8	2.9	9.0	4.5	16.3	8.3
MX 5	14.9	6.1	30.4	14.2	50.8	22.9	77.6	32.8
MX 6	14.7	6.3	29.8	14.3	49.9	23.0	76.5	32.9
MX 7	1.7	1.1	3.9	2.8	7.6	4.3	14.5	8.3
MX 8	18.1	8.0	32.6	14.4	50.0	20.8	69.3	31.9

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 55 y 56 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 3 en el eje Y considerando base empotrada y la interacción suelo estructura.



**Tabla 55***Fuerza corte en el eje Y – edificio 3*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	5.3	3.6	10.4	8.4	13.8	12.4	14.1	13.9
MY 2	2.0	2.1	4.0	3.9	5.3	5.8	6.3	9.0
MY 3	0.5	0.4	3.1	2.8	5.2	5.0	6.8	8.5
MY 4	0.8	0.5	3.5	2.5	5.5	4.2	6.5	8.1
MY 5	2.0	2.4	3.8	3.9	5.0	5.4	5.8	8.5
MY 6	3.6	3.0	8.8	7.1	12.4	10.4	12.9	10.9
MY 7	2.2	2.2	3.4	3.1	4.0	3.8	4.3	4.0
MY 8	2.0	2.0	3.1	2.9	3.6	3.7	4.1	3.9
MY 9	3.8	4.0	5.2	5.1	5.8	6.2	5.4	6.1
MY 10	3.7	3.9	5.0	4.9	5.7	5.9	5.3	5.9
MY 11	3.6	4.6	5.5	6.1	6.5	7.8	7.8	10.6
MY 12	3.3	4.1	5.2	5.6	6.3	7.3	7.7	10.4

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.**Tabla 56***Momento flector en el eje Y – edificio 3*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	7.6	5.2	18.9	14.8	31.1	27.1	41.1	39.5
MY 2	2.4	2.5	5.7	5.5	8.8	9.5	12.4	17.3
MY 3	0.5	0.5	4.9	4.2	9.8	8.8	15.0	16.8
MY 4	1.1	0.6	5.6	3.9	10.2	7.7	14.3	16.1
MY 5	2.3	3.0	5.4	5.6	8.4	8.8	11.9	16.3
MY 6	5.6	4.5	17.4	13.6	30.8	24.9	42.0	34.2
MY 7	2.9	2.8	4.8	4.3	6.0	5.7	7.5	6.8
MY 8	2.5	2.6	4.3	4.0	5.4	5.4	7.3	6.7
MY 9	5.0	5.3	7.3	7.2	8.6	9.0	8.9	10.0

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE
MY 10	4.8	5.1	7.0	6.9	8.4	8.6	8.8	9.8
MY 11	3.0	4.2	7.0	7.7	12.3	14.2	23.0	29.9
MY 12	2.6	3.6	6.7	7.2	12.2	13.7	23.1	29.8

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 57 y 58 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 4 en el eje Y, considerando base empotrada y la interacción suelo estructura.

**Tabla 57**

*Fuerza corte en el eje X – edificio 4*

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE
MX 1	2.2	1.0	4.3	3.9	5.9	6.6	6.5	9.5
MX 2	1.7	0.7	4.0	2.2	5.6	4.6	6.5	9.4
MX 3	0.4	2.4	1.5	1.0	2.7	0.9	3.9	7.2
MX 4	1.7	0.5	4.1	2.8	5.8	6.3	6.5	4.1
MX 5	2.0	0.8	4.0	2.8	5.5	4.9	6.2	8.6
MX 6	1.0	2.0	2.0	3.2	2.7	3.4	3.3	10.1
MX 7	1.2	2.8	1.8	3.3	2.2	4.4	2.8	3.4
MX 8	1.3	2.6	2.0	3.3	2.6	5.3	3.0	2.3
MX 9	2.2	3.5	3.0	4.3	3.3	3.6	3.4	8.1
MX 10	1.7	3.9	2.2	4.5	2.5	4.7	2.4	6.4
MX 11	5.4	8.5	8.2	12.9	9.8	18.5	9.1	1.8
MX 12	1.2	0.9	2.1	2.1	2.8	3.7	3.3	8.7
MX 13	1.8	3.3	2.7	4.5	3.2	5.8	3.4	9.1
MX 14	2.1	3.6	3.0	5.1	3.6	7.5	3.8	2.5
MX 15	2.2	2.6	3.0	3.6	3.3	3.1	3.4	8.0
MX 16	1.3	1.6	2.3	2.6	3.0	3.2	3.5	6.7
MX 17	0.7	0.5	2.0	0.9	2.9	1.6	3.8	4.0
MX 18	0.6	1.2	1.9	0.4	2.9	1.5	3.8	5.1
MX 19	1.6	1.2	3.8	1.3	5.4	2.7	6.3	9.7

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

**Tabla 58***Momento flector en el eje X – edificio 4*

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE
MX 1	2.3	0.7	5.5	2.8	9.0	6.1	12.4	9.3
MX 2	2.1	2.5	5.3	0.4	8.9	2.9	13.5	9.3
MX 3	0.6	3.6	1.9	2.4	4.1	3.1	7.2	8.0
MX 4	2.1	1.7	5.4	1.7	9.1	7.1	13.3	5.7
MX 5	2.0	1.1	5.0	2.0	8.1	4.5	11.6	8.0
MX 6	1.2	2.3	2.5	3.6	3.6	3.4	5.0	13.0
MX 7	1.3	3.0	2.2	3.7	2.9	5.3	4.5	3.7
MX 8	1.4	2.9	2.5	3.9	3.5	6.8	4.5	4.0
MX 9	2.6	4.1	3.7	5.2	4.3	3.4	5.0	8.3
MX 10	2.1	4.8	2.8	5.6	3.2	5.7	3.3	7.3
MX 11	6.1	9.1	10.5	15.0	14.2	23.4	16.2	4.6
MX 12	1.4	0.9	2.7	2.4	3.8	4.6	4.8	11.6
MX 13	2.2	3.9	3.4	5.5	4.3	6.9	4.9	11.3
MX 14	2.4	4.2	3.7	6.1	4.8	9.6	5.8	4.4
MX 15	2.6	3.0	3.7	4.2	4.3	2.9	5.0	8.3
MX 16	1.4	1.5	2.8	2.7	4.0	3.1	5.6	6.7
MX 17	0.8	1.1	2.5	0.2	4.2	1.0	6.5	4.4
MX 18	0.7	2.0	2.4	0.5	4.2	1.4	6.6	6.3
MX 19	1.7	2.6	4.8	0.7	8.2	0.6	12.0	8.9

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 59 y 60 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 4 en el eje Y, considerando base empotrada y la interacción suelo estructura.

**Tabla 59***Fuerza corte en el eje Y – edificio 4*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	2.1	1.2	4.2	3.6	5.7	5.7	6.3	11.7
MY 2	1.8	2.6	2.2	3.4	2.4	1.8	2.8	8.0
MY 3	1.8	0.8	4.0	2.6	5.5	2.9	6.3	10.1
MY 4	3.5	5.8	5.1	7.9	6.1	10.8	6.1	1.5
MY 5	2.0	1.8	4.1	4.3	5.5	7.1	6.1	4.7
MY 6	2.3	2.9	4.2	5.2	5.5	7.9	6.1	4.8
MY 7	5.9	9.1	9.9	14.2	12.3	20.0	12.5	13.1
MY 8	0.9	1.0	2.2	2.4	3.1	2.9	3.9	5.1
MY 9	1.6	1.3	3.2	3.0	4.5	5.2	5.4	5.3
MY 10	2.7	2.3	4.8	4.6	6.1	6.7	6.4	7.7
MY 11	2.0	1.9	3.7	3.9	4.9	5.4	5.7	7.6
MY 12	0.7	0.8	2.0	0.7	3.0	0.9	4.0	5.1
MY 13	2.1	1.1	4.2	3.7	5.6	7.3	6.3	4.6
MY 14	2.7	2.8	4.8	5.3	6.1	8.0	6.8	5.0
MY 15	1.7	0.6	3.8	1.9	5.4	2.4	6.5	9.7
MY 16	1.3	0.8	2.2	1.8	2.9	0.9	3.7	8.5

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.**Tabla 60***Momento flector en el eje Y – edificio 4*

<b>Muro</b>	<b>Piso 4</b>		<b>Piso 3</b>		<b>Piso 2</b>		<b>Piso 1</b>	
	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>	<b>Empotrado</b>	<b>ISE</b>
MY 1	2.4	0.8	5.5	3.5	8.4	6.6	11.4	14.7
MY 2	2.0	3.0	2.7	4.3	3.1	1.6	4.2	6.2
MY 3	2.1	0.4	5.2	1.8	8.3	1.5	11.4	9.6
MY 4	4.0	6.6	6.4	9.5	8.4	14.0	10.2	3.4
MY 5	2.4	1.9	5.3	4.8	8.1	9.2	10.9	7.0

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE	Empotrado	ISE
MY 6	2.6	3.0	5.4	5.8	8.1	10.2	10.9	7.2
MY 7	6.9	8.7	14.2	16.0	22.8	27.3	33.5	29.9
MY 8	1.1	1.2	2.8	2.7	4.3	3.1	6.2	6.5
MY 9	1.7	0.9	4.2	3.0	6.6	6.7	9.9	7.9
MY 10	3.2	2.3	6.3	5.0	8.8	7.8	10.8	10.1
MY 11	2.1	1.7	4.7	4.1	7.0	5.9	10.3	10.9
MY 12	0.9	1.4	2.6	0.6	4.2	1.0	6.5	5.8
MY 13	2.5	1.1	5.5	4.2	8.1	10.1	10.9	7.8
MY 14	3.1	2.8	6.1	5.8	8.9	10.0	11.9	6.6
MY 15	1.9	1.4	5.0	1.1	8.0	1.1	11.5	9.7
MY 16	1.5	0.8	2.8	1.9	3.9	1.3	5.5	9.0

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 61 y 62 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 5 en el eje X, considerando base empotrada y la interacción suelo estructura. Este es el edificio de diseño donde se analiza la variación de valores entre la base empotrada e interacción suelo estructura. Se visualiza que, en el edificio de 5 pisos, la fuerza cortante y el momento flector de la base empotrada es menor que el de interacción suelo estructura.

**Tabla 61**

*Fuerza cortante en el eje X – edificio 5*

Muro	Piso 5		Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE
MX 1	4.2	2.2	6.4	6.2	8.1	8.9	8.6	11.5	6.4	18.3
MX 2	4.5	1.9	7.1	6.2	9.0	9.3	9.7	12.4	7.3	17.2
MX 3	6.5	10.3	10.2	16.1	12.9	20.7	14.0	23.3	12.3	20.8
MX 4	0.8	1.1	1.9	2.5	2.7	3.6	3.4	4.6	4.2	6.3
MX 5	5.2	3.2	9.8	7.8	13.3	11.4	15.6	13.9	16.3	14.8
MX 6	5.5	3.5	10.0	8.1	13.4	11.6	15.6	14.0	16.3	14.9
MX 7	0.8	1.1	1.7	2.4	2.3	3.5	3.0	4.5	3.9	6.3

Muro	Piso 5		Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE
MX 8	7.0	11.4	10.7	17.4	13.4	22.0	14.5	24.7	12.5	22.2

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs

**Tabla 62**

*Momento flector en el eje X – edificio 5*

Muro	Piso 5		Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE
MX 1	5.0	1.9	10.1	7.4	17.5	13.5	26.3	21.5	33.5	43.1
MX 2	6.1	2.0	11.5	7.9	18.5	14.3	26.1	22.7	31.0	38.6
MX 3	7.2	12.9	17.0	22.1	31.9	31.9	50.4	41.3	71.9	47.3
MX 4	0.8	1.4	2.1	3.4	4.8	5.1	9.0	6.9	16.3	9.9
MX 5	4.8	2.8	14.9	9.6	30.4	17.1	50.8	24.9	77.6	35.0
MX 6	5.0	3.2	14.7	9.9	29.8	17.3	49.9	25.0	76.5	35.1
MX 7	0.7	1.4	1.7	3.3	3.9	4.9	7.6	6.6	14.5	10.0
MX 8	8.1	14.6	18.1	23.9	32.6	33.8	50.0	43.2	69.3	49.7

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la tabla 63 y 64 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores de todos los niveles del edificio 5 en el eje Y, considerando base empotrada y la interacción suelo estructura. Este es el edificio de diseño donde se analiza la variación de valores entre la base empotrada e interacción suelo estructura. Se visualiza que, en el edificio de 5 pisos, la fuerza cortante y el momento flector de la base empotrada es menor que el de interacción suelo - estructura.

**Tabla 63**

*Fuerza cortante en el eje Y – edificio 5*

Muro	Piso 5		Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE
MY 1	5.4	3.5	9.0	11.0	12.0	16.9	13.8	22.0	11.5	22.6
MY 2	2.6	2.3	3.7	4.5	4.8	6.4	5.5	8.5	5.1	12.2
MY 3	1.2	1.0	2.2	2.5	3.7	4.9	5.1	7.0	5.4	10.7
MY 4	1.3	1.0	2.9	2.5	4.3	4.8	5.5	6.7	5.5	9.5

Muro	Piso 5		Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE
MY 5	2.5	2.6	3.4	4.8	4.1	6.7	4.7	8.4	4.6	10.9
MY 6	4.1	2.9	7.2	9.3	9.9	15.1	11.8	19.9	10.6	20.4
MY 7	2.8	2.6	3.5	4.1	4.0	5.2	4.2	5.7	3.6	5.1
MY 8	2.5	2.4	3.1	3.8	3.5	4.8	3.6	5.4	3.3	4.8
MY 9	4.6	4.9	5.3	6.7	5.9	8.3	5.9	9.1	4.5	8.1
MY 10	4.4	4.8	5.1	6.5	5.8	8.0	5.8	8.7	4.5	7.8
MY 11	5.1	6.0	5.9	8.1	6.6	9.8	7.0	11.6	6.5	15.1
MY 12	4.7	5.0	5.4	7.3	6.1	9.1	6.5	11.0	6.3	14.6

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

**Tabla 64**

*Momento flector en el eje Y – edificio 5*

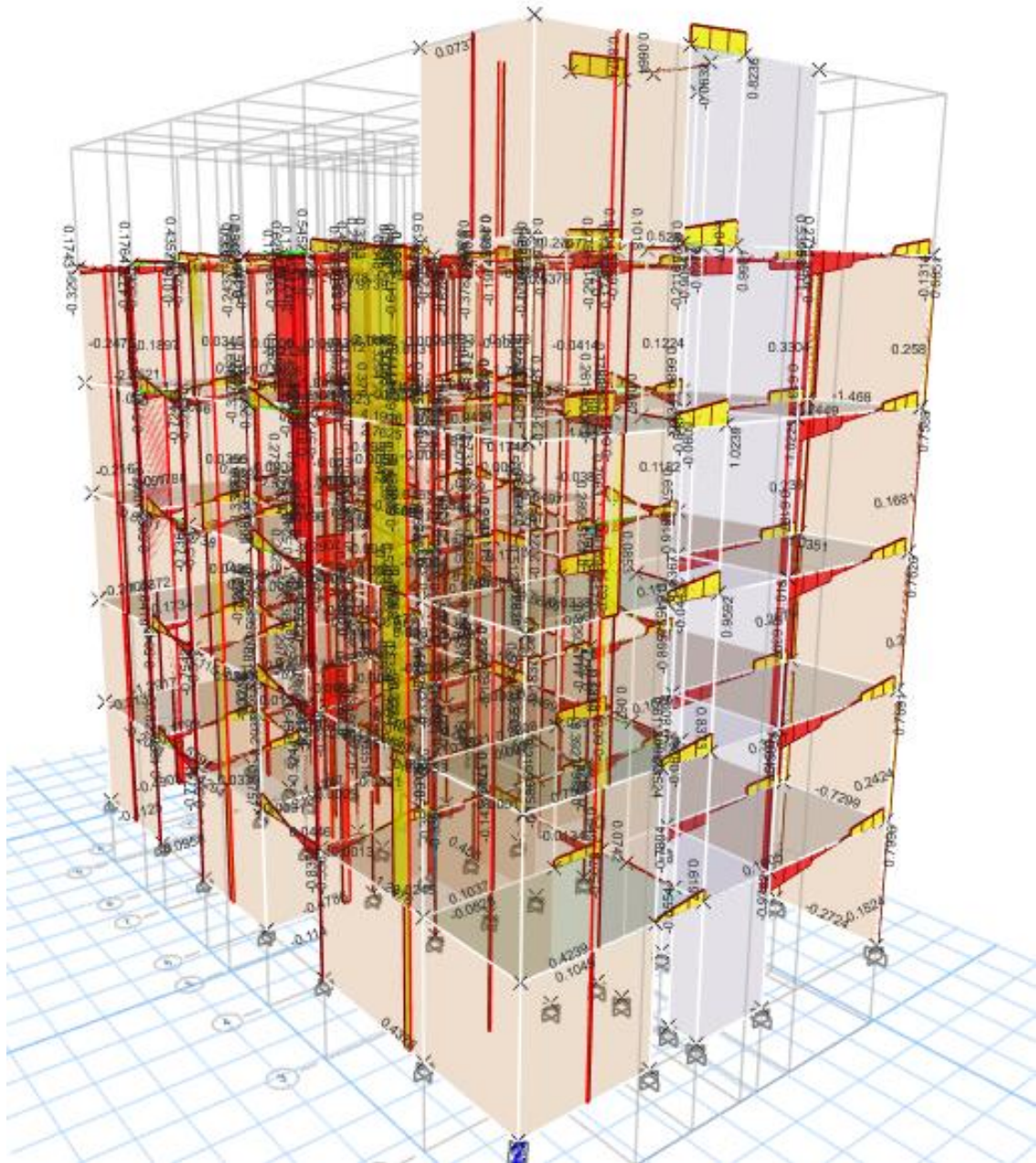
Muro	Piso 5		Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE	Emp.	ISE
MY 1	8.7	7.6	16.3	18.2	25.6	34.1	35.1	53.4	40.3	70.6
MY 2	3.3	2.4	5.3	5.9	7.5	9.7	9.7	14.5	10.9	24.2
MY 3	1.8	1.9	3.5	3.2	6.6	7.9	10.4	13.2	13.4	22.3
MY 4	2.0	1.8	4.5	3.2	7.6	7.9	10.9	12.9	13.0	20.5
MY 5	3.2	2.8	4.8	6.3	6.6	10.1	8.6	14.4	10.6	22.1
MY 6	6.2	3.4	14.0	15.4	23.7	32.0	34.5	52.0	41.7	68.9
MY 7	3.7	3.4	4.9	5.6	5.9	7.3	6.5	8.6	6.5	8.9
MY 8	3.3	3.1	4.3	5.1	5.2	6.8	5.8	8.2	6.3	8.7
MY 9	6.1	6.5	7.4	9.3	8.6	11.9	9.0	13.5	7.8	13.6
MY 10	5.8	6.2	7.2	9.0	8.4	11.5	8.8	13.1	7.7	13.2
MY 11	5.2	4.9	7.9	9.0	10.9	14.4	14.9	23.0	21.2	44.8
MY 12	4.5	3.8	7.2	8.0	10.3	13.6	14.5	22.6	21.4	44.4

*Nota.* Datos tomados del modelamiento de Etabs.

En la figura 42 y 43 se muestran los resultados de fuerza cortante y momento flector de todos los elementos del edificio, considerando el criterio de base empotrada.

**Figura 42**

*Fuerzas cortantes del edificio 5 - base empotrada*

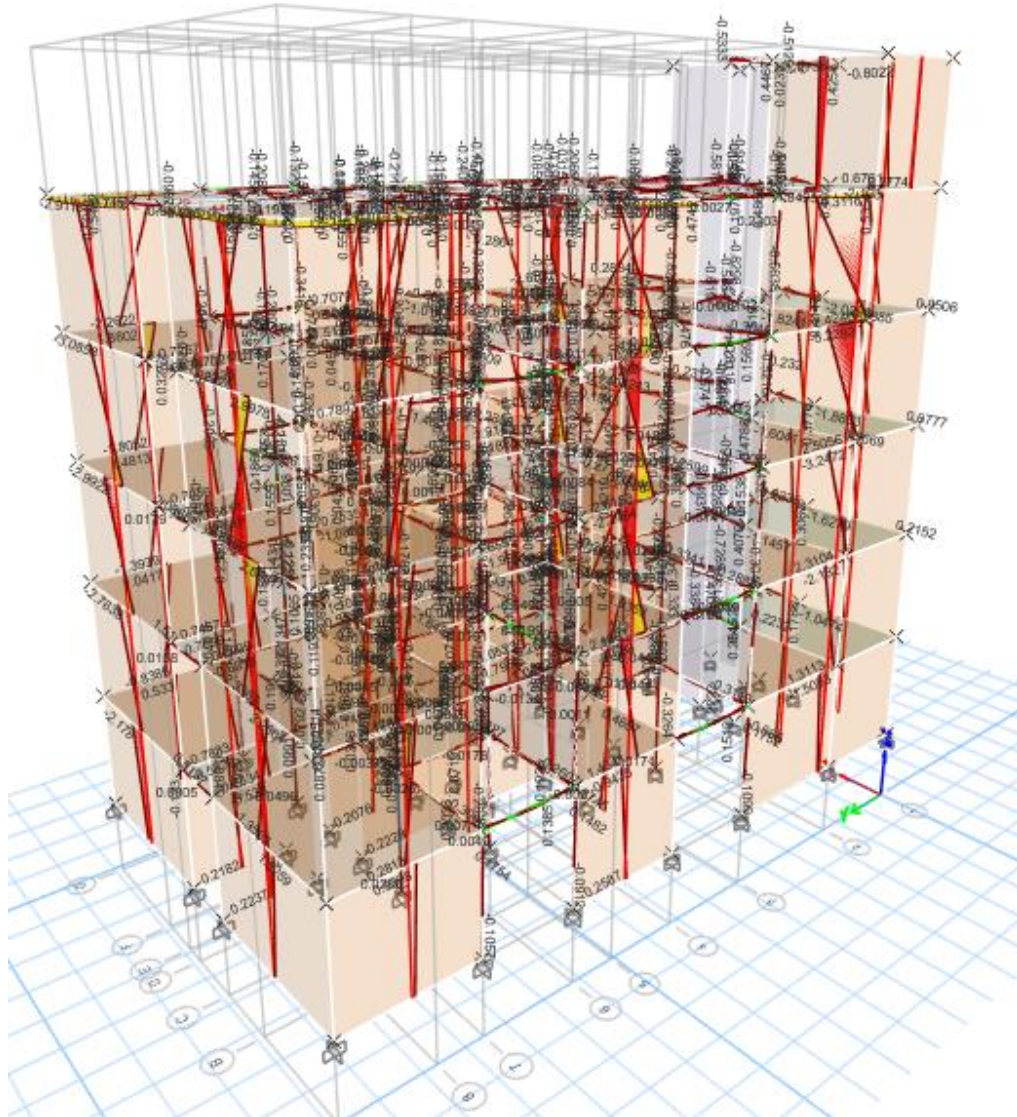


*Nota.* Tomados del modelamiento de Etabs.



**Figura 43**

*Momentos flectores del edificio de 5 pisos - base empotrada*

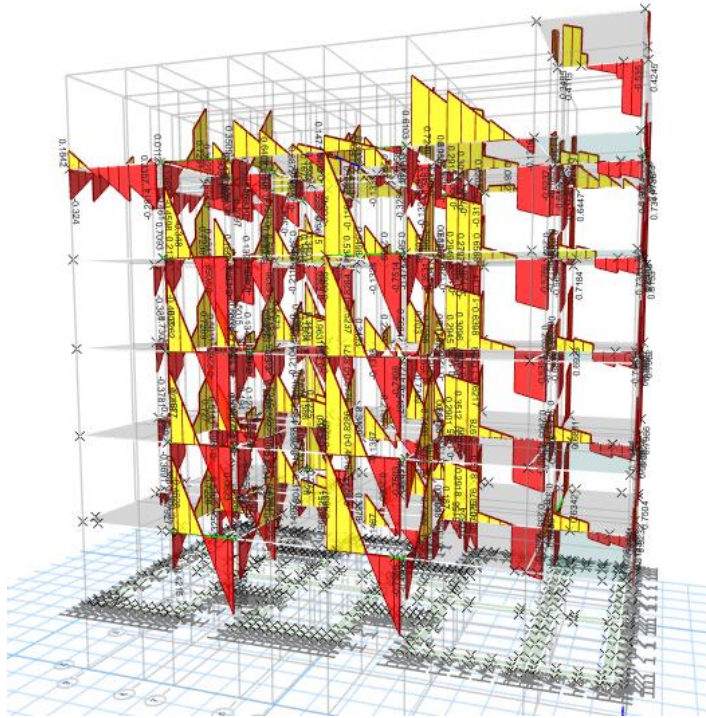


*Nota:* Tomados del modelamiento de Etabs.

En la figura 44 y 45 se muestran las fuerzas cortantes y momentos flectores del edificio de 5 pisos considerando la interacción suelo estructura mediante Pasternak de dos estrados.

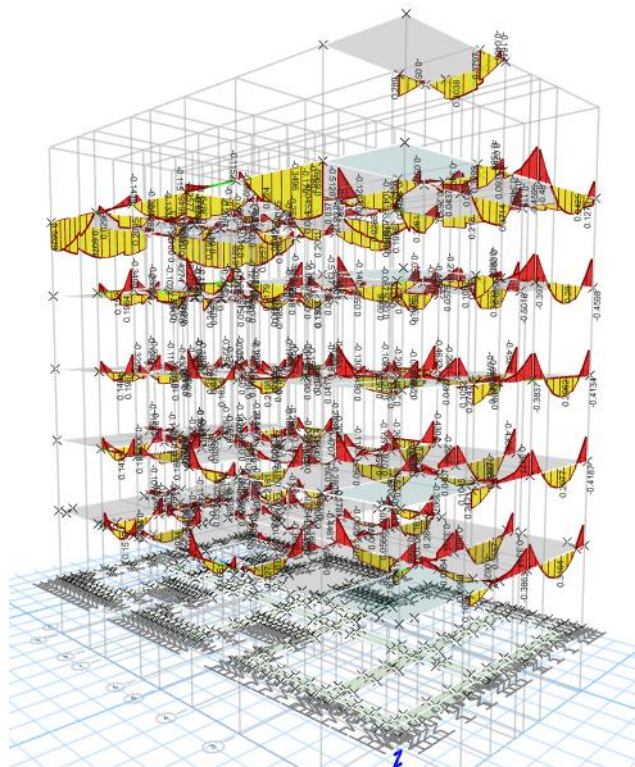
**Figura 45**

*Fuerza cortante de edificios 5 - ISE*



**Figura 44**

*Momento flector de edificios 5 - ISE*



### 6.1.3. Control de derivas de los edificios

Se realizó la verificación de las derivas para todos los edificios. Estas deben ser menores a 5/1000, según lo estipula la norma NTE - E.030.

En la tabla 65 y la figura 46 se muestran las derivas en X e Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura. El edificio con base empotrada cumple con el rango estipulado por la NTE - E.030, mientras que considerando el modelo de Pasternak excedan de dicho criterio.

**Tabla 65**

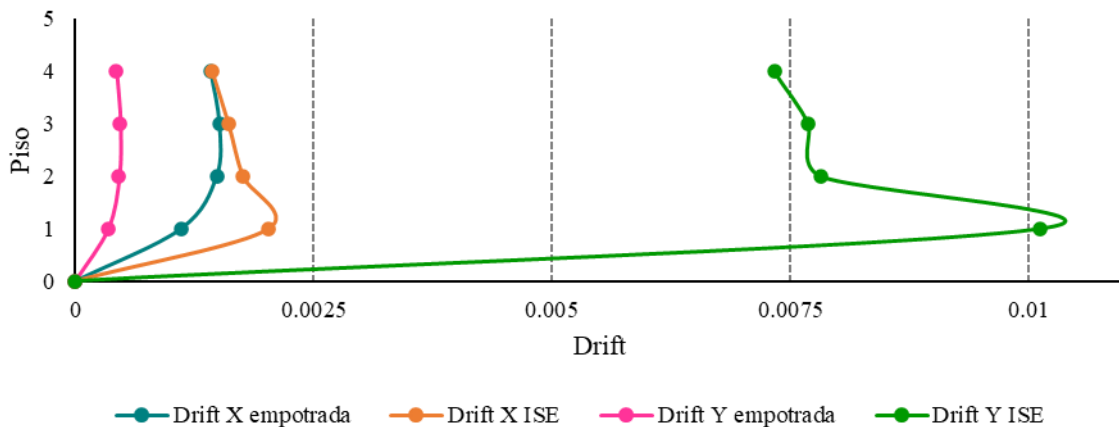
*Derivas del edificio 1*

Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
4	0.001421	0.001432	0.000429	0.007327	29%	147%
3	0.001511	0.001602	0.000469	0.007684	32%	154%
2	0.001481	0.001752	0.000457	0.007816	35%	156%
1	0.001108	0.002022	0.000342	0.01012	40%	202%

*Nota.* Valores obtenidos del modelo de Etabs

**Figura 46**

*Control de derivas - edificio 1*



En la tabla 66 y la figura 47 se muestran las derivas en X e Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura. El edificio con base empotrada cumple con el rango estipulado por la NTE - E.030, mientras que considerando el modelo de Pasternak excedan de dicho criterio, excepto los pisos 2 al 4 del eje Y.

**Tabla 66**

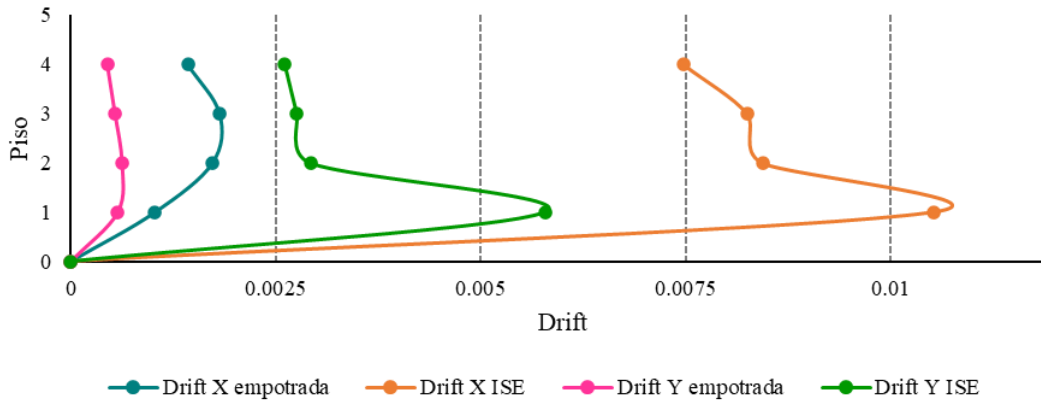
*Derivas del edificio 2*

Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
4	0.001423	0.007475	0.000441	0.002609	150%	52%
3	0.00181	0.008249	0.000536	0.002755	165%	55%
2	0.001722	0.008432	0.000622	0.002919	169%	58%
1	0.001025	0.010517	0.000571	0.005779	210%	116%

*Nota.* Valores obtenidos del modelo de Etabs

**Figura 47**

*Control de derivas - edificio 2*



En la tabla 67 y la figura 48 se muestran las derivas en X e Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura. El edificio con base empotrada e interacción suelo estructura cumplen con el rango estipulado por la NTE - E.030.

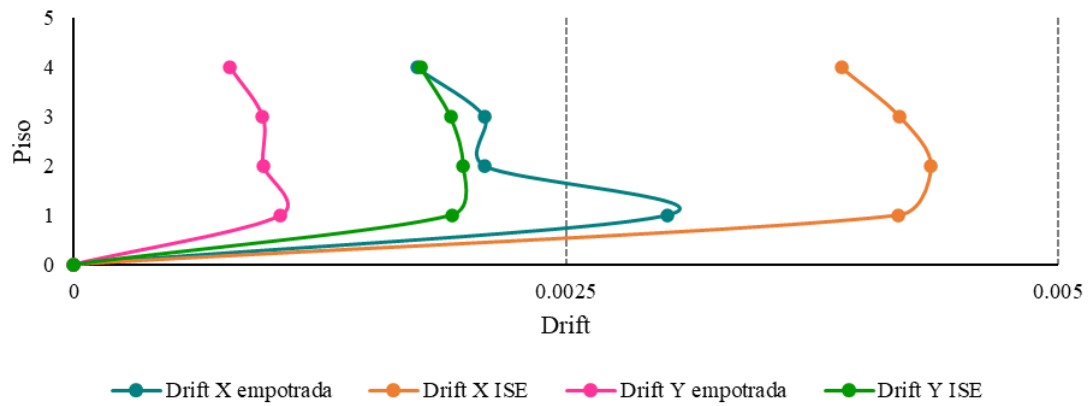
**Tabla 67**

*Derivas del edificio 3*

Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
4	0.001742	0.0039	0.000793	0.001764	78%	35%
3	0.002086	0.004197	0.000957	0.001915	84%	38%
2	0.002087	0.004355	0.00096	0.001979	87%	40%
1	0.003013	0.004188	0.001047	0.001919	84%	38%

**Figura 48**

*Control de derivas - edificio 3*



En la tabla 68 y la figura 49 se muestran las derivas en X e Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura. El edificio con base empotrada cumple con el rango estipulado por la NTE - E.030, mientras que considerando el modelo de Pasternak excedan dicho criterio, excepto los pisos 2 al 4 del eje X.

**Tabla 68**

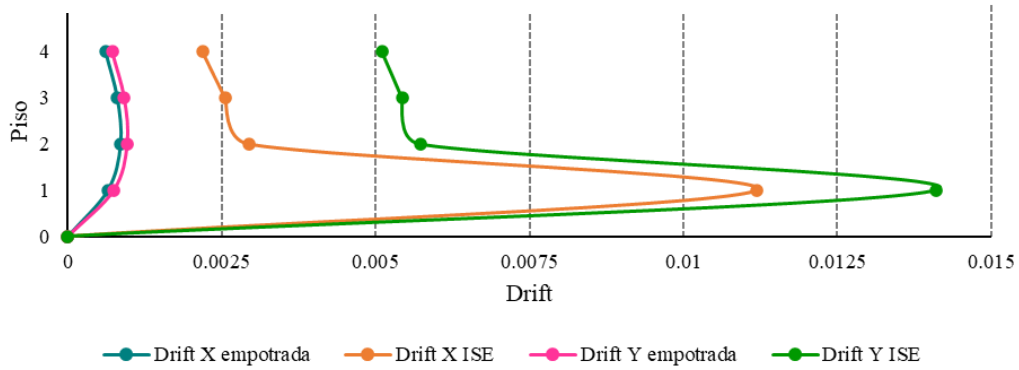
*Derivas del piso 4*

Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
4	0.000608	0.002185	0.000719	0.005101	44%	102%
3	0.000798	0.002553	0.000915	0.005426	51%	109%
2	0.000852	0.00294	0.000964	0.005721	59%	114%
1	0.000646	0.011193	0.000745	0.0141	224%	282%

*Nota.* Valores obtenidos del modelo de Etabs

**Figura 49**

*Control de derivas - edificio 4*



En la tabla 69 y la figura 50 se muestran las derivas en X e Y considerando la base empotrada y la interacción suelo estructura. Las derivas del eje Y cumplen para ambos casos y las derivas del eje X no se cumplen al considerar la interacción suelo estructura.

**Tabla 69**

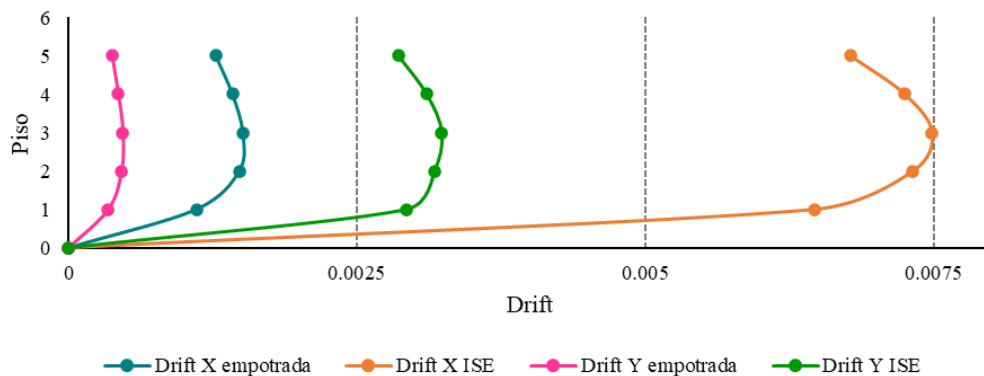
*Derivas del edificio 5*

Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
5	0.001276	0.006779	0.000375	0.002858	136%	57%
4	0.001421	0.007249	0.000429	0.003102	145%	62%
3	0.001511	0.007486	0.000469	0.003233	150%	65%
2	0.001481	0.007318	0.000457	0.003169	146%	63%
1	0.001108	0.006471	0.000342	0.002927	129%	59%

*Nota.* Valores obtenidos del modelo de Etabs

**Figura 50**

*Control de derivas - edificio 5*



#### 6.1.4. Cortante basal, período fundamental y frecuencias

En la tabla 70 se presenta la cortante basal correspondiente a los edificios que fueron objeto de análisis en la presente investigación. Se ha verificado que dichas fuerzas experimentan un incremento cuando se toma en cuenta la flexibilidad del suelo como se muestra en la figura 51. Esta variación se observa en todos los casos analizados. Los resultados obtenidos se atribuyen a que el suelo blando no proporciona una restricción adecuada a la cimentación del edificio. En otras palabras, el modelo de empotramiento resulta poco realista, dado que el edificio, en presencia de un evento sísmico, experimentará una mayor fuerza en la base como lo señala el modelo de Pasternak.

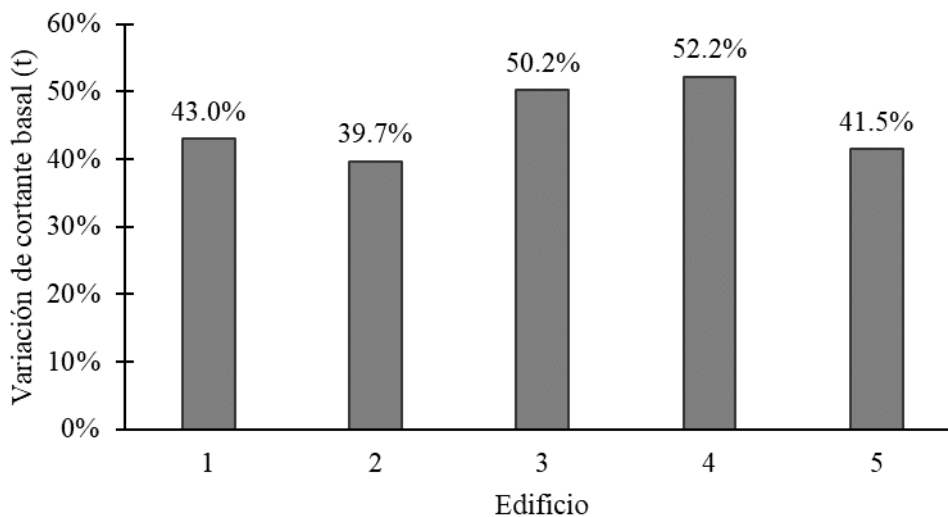
**Tabla 70**

Cortante basal de los edificios

Edificio	Cortante basal (t)		
	Base empotrada	Pasternak	Verificación
1	88.5186	126.5574	43.0%
2	89.9667	125.6687	39.7%
3	103.5326	155.4779	50.2%
4	90.5687	137.861	52.2%
5	133.3212	188.5981	41.5%

**Figura 51**

Porcentaje de variación de cortante basal



En la tabla 71 se presentan los períodos fundamentales para cada edificio estudiado. Se ha observado que estos períodos aumentan cuando se aplica el método de interacción suelo - estructura con el modelo de Pasternak. Esto se debe a los mayores desplazamientos que experimenta la estructura al considerar la flexibilidad del suelo blando. Además, los valores mencionados se obtuvieron inicialmente mediante las fórmulas aproximadas establecidas por la NTE-E.030. Posteriormente, se verificaron estas fórmulas utilizando las expresiones Rayleigh descritas en la ecuación 10 de esta investigación. Finalmente, se validaron dichos resultados mediante la aplicación del software Etabs

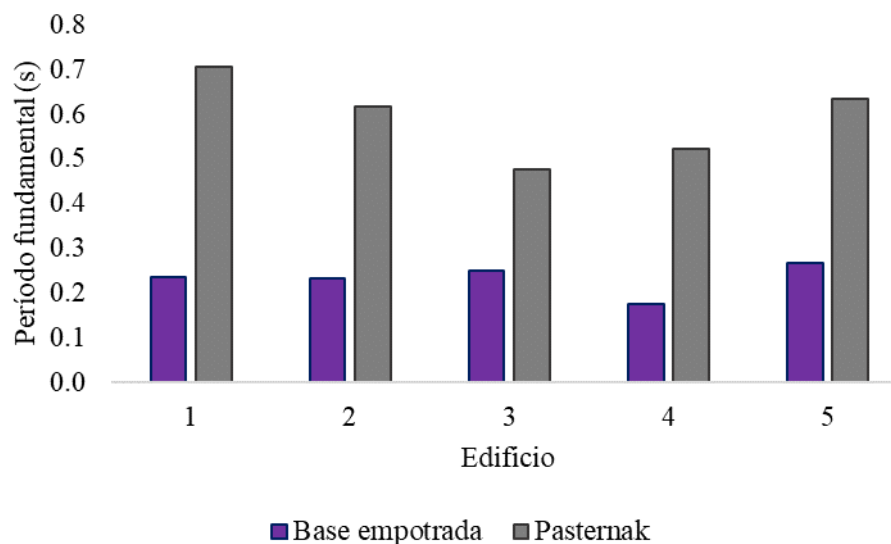
**Tabla 71**

*Período fundamental de la estructura*

Edificio	Período (s)	
	Base empotrada	Pasternak
1	0.235	0.704
2	0.233	0.618
3	0.249	0.476
4	0.175	0.521
5	0.266	0.633

**Figura 52**

*Comparación del período fundamental de la estructura*





Las frecuencias del edificio se obtienen a partir de los períodos fundamentales obtenidos, dado que esta se define como la cantidad de veces que el elemento vibra por segundo; es decir, es la inversa del período. En función de los períodos descritos en la tabla 71, se muestran las frecuencias de vibración del edificio en la tabla 72.

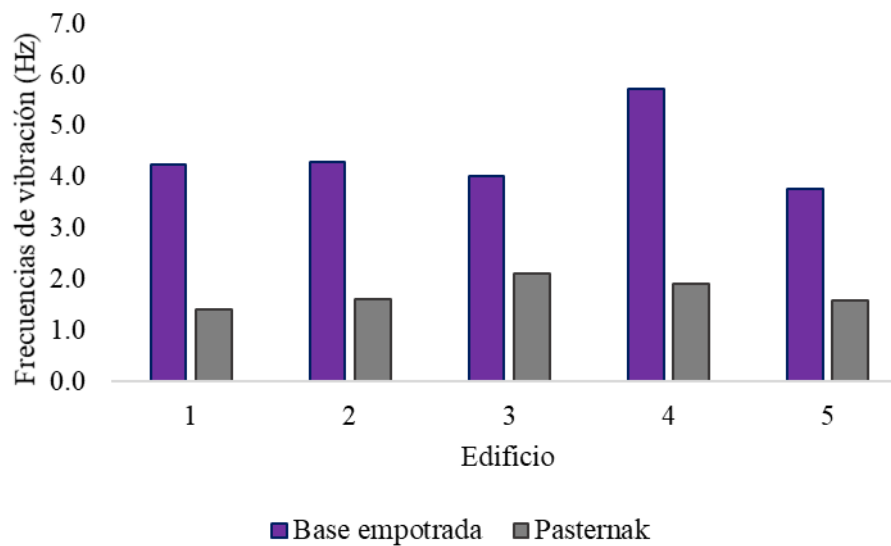
**Tabla 72**

*Frecuencias de vibración del edificio*

<b>Edificio</b>	<b>Base empotrada</b>	<b>Pasternak</b>
1	4.253	1.42
2	4.293	1.619
3	4.016	2.1
4	5.72	1.919
5	3.763	1.581

**Figura 53**

*Comparación de las frecuencias de vibración*



## 6.2. Conclusiones

Se estimó el efecto de la interacción entre el suelo y la estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de albañilería confinada. Para ello, se calcularon los balastos del suelo para dos estratos. Se constató que la rigidez lateral es significativamente menor que la rigidez vertical y la del suelo rígido, representando tan sólo un 8.6% de la rigidez vertical. En comparación con la base empotrada que restringe los desplazamientos en los ejes X e Y, la interacción suelo - estructura indicó que el edificio experimentará desplazamientos considerables debido a la flexibilidad de la cimentación. Además, dicho modelo de análisis mostró cómo se redujeron las solicitaciones en los muros portantes y en los pisos del edificio respecto a la base empotrada. Asimismo, las derivas y los períodos de la estructura mostraron la influencia positiva de la ISE en el diseño de edificios de albañilería confinada, dado que se considera los desplazamientos, las fuerzas internas y las vibraciones reales de la estructura ante un evento sísmico.

Se determinaron las siguientes propiedades resistentes y mecánicas del suelo de fundación. Según la clasificación SUCS, este es una grava limosa, cuyo contenido de humedad es del 25.28% y contiene un porcentaje de finos del 29.36% respecto a la masa ensayada. Asimismo, se obtuvo que la capacidad admisible del suelo es de 0.94 kg/cm<sup>2</sup> para cimientos corridos y presenta un ángulo de fricción de 15°; es decir, pese a ser un suelo granular, tiene poca resistencia. Según los parámetros de la NTE - E.030, se clasificó como un perfil de suelo S3, suelo blando. Del mismo modo, se calculó el coeficiente de Poisson de 0.31 y el módulo de elasticidad de 1019.72 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores confirman la baja resistencia del suelo. Además, se obtuvo el balasto vertical y horizontal, cuyos valores son 2136.44 t/m<sup>3</sup> y 183.209 t/m, respectivamente. Los resultados señalan la flexibilidad de la cimentación que conlleva una incidencia significativa en el comportamiento real de la estructura. También, el estadístico de Wilcoxon de 0.025 comprobó dicha influencia e indica que evitar dicho análisis involucra exponer al edificio al colapso frente a un evento sísmico.

Se calcularon las fuerzas cortantes y los momentos flectores en los muros portantes mediante el análisis de interacción suelo-estructura, donde se cuantificó una reducción del 15% en comparación con el análisis de base empotrada o suelo rígido. No obstante, en los muros de gran longitud, sin confinamiento intermedio, se observó un incremento de estas solicitaciones en un 12% en comparación con los muros

dimensionados de manera idónea. También se comprobó que al integrar placas de concreto armado en el edificio con el propósito de cumplir con la densidad mínima de muros, estas fuerzas y momentos se incrementan en un promedio de 12% hasta el nivel 3 y luego se reducen en un 18%. Dichos resultados permitieron constatar que la interacción suelo-estructura modifica el comportamiento del edificio, aumentando y disminuyendo las fuerzas internas de la estructura. Esto sucede debido a la incorporación de la flexibilidad del suelo y a la estructuración del edificio. Estos cambios requieren ser considerados para un control adecuado y correcto de la fisuración de los muros portantes y el uso de refuerzos dentro de los mismos, garantizando la filosofía sismorresistente en edificios de albañilería confinada.

Se evaluaron las deformaciones y desplazamientos mediante el control de derivas. El edificio, analizado mediante interacción suelo-estructura, se deforma un promedio de 120% respecto al modelo de base fija o empotrada. Esta divergencia la otorgan los factores de balastos del suelo de fundación, que son poco rígidos debido a las características blandas del mismo. Las derivas del edificio con base empotrada son menores que 0.005; es decir, cumplen con lo permitido para albañilería confinada. No obstante, las derivas obtenidas mediante la interacción suelo-estructura exceden el 0.005 en un promedio de 150% para la dirección X y en un promedio de 90% para la dirección Y. Por ello, se destaca la incidencia de la interacción suelo-estructura en el diseño sismorresistente de edificios de albañilería confinada, debido al aumento considerable de las deformaciones y desplazamientos respecto a la base empotrada. Asimismo, se obtuvieron los períodos fundamentales del edificio para ambas metodologías, donde el modelo de Pasternak presenta mayores valores que el de base empotrada. Esta variación constató que el edificio se comporta de manera muy diferente al análisis que se obtiene con los criterios establecidos por la norma peruana; es decir, que la estructura se comportará de manera semejante a lo que indica el análisis de interacción suelo-estructura. Esto significa que, si no se considera la flexibilidad del suelo, el diseño estructural será erróneo y deficiente, con un elevado porcentaje de colapso en eventos sísmicos y, con ello, se compromete la seguridad vital de sus ocupantes.

### **6.3.Recomendaciones**

Para estimar el efecto de la interacción suelo – estructura se recomienda realizar dos modelos, el análisis tradicional y la metodología en estudio. De este modo se puede cuantificar las divergencias en fuerzas internas, derivas, desplazamientos, períodos y factores resistentes del suelo. Con ello, se garantiza que se compruebe si la flexibilidad del suelo afecta en el comportamiento sísmico del edificio.

Para determinar las propiedades resistentes del suelo de fundación se recomienda realizar un adecuado estudio de suelos, porque las propiedades condicionan el comportamiento real de la estructura en estudio. Se debe medir adecuadamente el espesor de los estratos y determinar las capacidades portantes del suelo para cada sustrato.

Para calcular las fuerzas internas del edificio en albañilería confinada se debe realizar por separado para el sismo en X e Y. Esto se debe a la consideración que estipula la NTE – E.070 donde el muro perpendicular a de estudio absorbe la fuerza sísmica; por ello, se debe considerar el 1/4 de su longitud,

Para evaluar las deformaciones y desplazamientos del edificio se recomienda considerar ambos modelos y compararlos. Además, respecto al período de vibración se debe utilizar las expresiones de Rayleigh y se deben comparar con los valores obtenidos en el software de modelamiento estructural.

## APÉNDICE Y ANEXOS

### i) Referencias bibliográficas

- Abanto Oblitas, R. M. (2020). *Propuesta preliminar de método de análisis de interacción suelo - estructura para suelos peruanos*. Lima: Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- Araca Llanos, F., Gómez Catacora, L., Cahui Galarza, A., & Marín Mamani, G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, Vol. 07(Num. 02), págs. 70-81. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070>
- Braja, D. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Ciudad de México: CENGAGE Learning.
- Briaud, J. (2001). *Introducción a los módulos del suelo*. Canadá: Geotechnical News.
- Cobelo Cristiá, W. D., & Fernández Limés, A. (2022). Influencia de la interacción suelo-estructura en edificación de baja altura. *Revista Ciencia y Construcción*, Vol. 3( Núm. 3), págs. 31- 42. <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/120/100>
- Esteban Mollehuara, K., & Cordova Landa, C. J. (2020). *Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro, El Tambo, 2020*.
- Fernández Limés, A., Fernández Lorenzo, I., & Cobelo Cristiá, W. D. (julio de 2023). Influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificio de 100 metros de altura. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, Vol. 11(Num. 2), págs. 213 - 232. <https://doi.org/https://doi.org/10.14482/inde.41.02.201.456>
- Galicia Guarníz, W. C., & León Vasquez, J. R. (2007). *Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación*. Lima - Perú: Repositorio PUCP.

- Gallegos Vicente, C. (2018). *Comparación de los métodos de análisis sísmico tiempo historia lineal elástico y modal espectral*. Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín.
- Guanchez, E. (2020). *Interacción estática suelo - estructura (coeficiente de balasto vertical)*. Barcelona: Sísmica Adiestramiento.
- Guanoluisa Tarco, K. P., & Simbaña Guallichico, P. A. (2022). *Análisis sísmico y diseño estructural del mercado "El Turismo" ubicado en Sangolquí, por los métodos, Modal Espectral y Paso a Paso en el Tiempo*.
- Hermosillo, A., Sanginés, H., Demeneghi, A., & Legorreta, N. (2019). Análisis tridimensional de la interacción suelo-estructura estática de un edificio con cimentación a base de zapatas desplantado sobre un suelo friccionante. *Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges*, págs. 1010 - 1017. <https://doi.org/10.3233/STAL190141>
- Hernández - Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education. <https://doi.org/978-1-4562-6096-5>
- Mahoney, M. (2020). *Una guía práctica para Interacción Suelo Estructura FEMA P-2091*. Washington D. C.: FEMA.
- Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación. Una propuesta ágil para la presentación de trabajos científicos en las áreas de arquitectura, urbanismo y disciplinas afines*. UNAM. Retrieved 11 de noviembre de 2022, from [http://www.librooa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos\\_y\\_tecnicas.pdf?sequence=3&isAllowed=y#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20investigaci%C3%B3n%20comprenden,de%20nuevas%20t%C3%ADneas%20de%20investigaci%C3%B3n](http://www.librooa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnicas.pdf?sequence=3&isAllowed=y#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20investigaci%C3%B3n%20comprenden,de%20nuevas%20t%C3%ADneas%20de%20investigaci%C3%B3n).
- Medina Cruz, R., & Blasco Blanco, A. (2022). *Manual de construcción para maestros de obras*. Aceros Arequipa. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra.pdf>
- Mejía Bermejo, L. A. (2017). *Interacción dinámica suelo - estructura*. Ciudad de México: Repositorio de la Universidad Autónoma de México.

- Morales, L., & Espinosa, A. (2020). Influencia de la interacción suelo - estructura (ISE) de cimentaciones superficiales en suelos no cohesivos en el comportamiento estructural de una edificación de 8 pisos y un subsuelo. *Revista Ingenio*, Vol. 03(Núm. 01), págs. 5 - 23.
- Muñoz Peláez, A. (2020). *Comentarios a la Norma E 0.30 Diseño Sismorresistente*. Sencico. Retrieved 17 de octubre de 2022.
- Muñoz Peláez, A. (2021). *Ingeniería Sismorresistente*. Sencico.
- Norma E 0.30. (2018). *Diseño Sismorresistente*. Lima: Sencico.
- Norma E 0.70. (2020). *Albañilería*. Sencico. Retrieved 03 de octubre de 2022, from <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1v8Kx7mGSy4Qvx8qgN09ZCPKEvgG1hkBU>
- Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramirez, E., & Villagómez Villar, A. (2014). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). Ediciones de la U. <https://doi.org/978-958-762-188-4>
- Orihuela, P., Orihuela, J., Lazo, C., & Ulloa, K. (2010). *Manual del Maestro Constructor*. Manual de Aceros Arequipa.
- Otálvaro, I. F., & Nanclares, F. J. (2009). *Elementos para obtener el módulo de reacción de subrasante*.
- Prada Conde, G. C., & Mateo Suarez, I. T. (2022). *Influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta sísmica de un edificio de oficinas de 6 pisos y 2 sótanos considerando diferentes condiciones de suelo*. Lima: Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- Ramos Wendehake, R. (2017). *Interacción suelo-estructura: comparación entre el método del coeficiente de balasto y el método de los elementos finitos*. Barcelona - España: Repositorio de Escola de Camins.
- Rodríguez Ortíz, J., Serra Gesta, J., & Oteo Mazo, C. (1995). *Curso aplicado de cimentaciones*. Madrid.

- Ruiz Sánchez, L. C., & Picón Santamaría, A. T. (2019). *Análisis del problema de interacción suelo - estructura para un pórtico 2D en suelos granulares*. Lima: Repositorio de tesis PUCP.
- San Bartolomé Ramos, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Lima, Perú: Fondo editorial PUCP. <https://doi.org/8483909650>
- Santana Naranjo, A. (2010). *Modelo Winkler para el Análisis de la respuesta Dinámica de Estructuras Enterradas*. Gran Canaria: Repositorio de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Santana Naranjo, A. (2016). *Análisis de los efectos de interacción suelo-estructura en la respuesta sísmica de estructuras enterradas*. Gran Canaria: Repositorio de la Universidad de Las Palmas de la Gran Canaria.
- Tabish , A., Nour Eldin, M., & Haider , W. (2023). The Effect of soil-structure interaction on the seismic response of structures Using machine learning, finite element modeling and ASCE 7-16 methods. *Sensors*, Vol. 23(Num. 4). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s23042047>
- Villareal Castro, G. (2020). Ingeniería Sismorresistente. *Análisis Modal Espectral*.
- Villarreal Castro, G. (2009). *Interacción sísmica suelo estructura en edificaciones con zapatas aisladas*.
- Yauri, S. (2017). *Escenario Sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw*. Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Yepes Piqueras, V. (2019). *Asientos de cargas rectangulares en el semiespacio de Boussinesq*. Valencia: Repositorio de universidad Politécnica de Valencia.
- Zerga Ocaña , A. (2006). *Mapa de peligro de la ciudad de Rioja. Informe final*. INDECI.



ii) Anexos: instrumentos de investigación

Figura 54

Formato de instrumento 1

**INSTRUMENTO I. DENSIDAD DE MUROS**

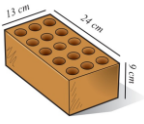
**I. PARÁMETROS SÍSMICOS**

Zona → 3 [Norma E.030, art. 10](#)  
 Z → 0.35  
 U → 1 C V. Multi  
 S → 1.2 S3  
 N → 4  
 0.07

**II. REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS**

**a) Espesor de muro portante**

Dimen → Ancho 13 cm  
 Largo 24 cm  
 Alto 9 cm  
 h → 2.60 m  
 t → 0.130 m = 13.0 cm = 0.13 m



Aparejo → Soga  
 Junta → 1.5 cm  
 Mortero → 1 : 4 P 2 [Norma E-0.70, art. 6.4](#)

**b) Datos de los materiales**

Tipo → V  
 f<sub>b</sub> → 130 kgf/cm<sup>2</sup> 277 Lark  
 f<sub>m</sub> → 65 kgf/cm<sup>2</sup>  
 v<sub>m</sub> → 8.06 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Em → 32500 kgf/cm<sup>2</sup> *Módulo de elasticidad de la albañilería*  
 f<sub>c</sub> → 210 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Ec → 217370.651 kgf/cm<sup>2</sup> *Módulo de elasticidad del concreto*  
 fy → 4200 kgf/cm<sup>2</sup>  
 η → Relación modular 1.003249

**c) Dimensiones del área de estudio**

Ancho → 7.00 m 13.37  
 Largo → 18.19 m 36.01  
 Ap → 127.33 m<sup>2</sup>

**III. DENSIDAD DE MUROS**

**a) Eje Y-Y**

ID	Tipo	L (m)	t (m)	η	Ac (m <sup>2</sup> )
MY 1	Muro	2.65	0.24	1.00	0.64
MY 2	Muro	2.19	0.24	1.00	0.53
MY 3	Muro	1.35	0.24	1.00	0.32
MY 4	Muro	4.25	0.24	1.00	1.02
MY 5	Muro	2.96	0.24	1.00	0.71
MY 6	Muro	7.00	0.24	1.00	1.68
					<b>4.90</b>

L*t/AP →	0.0385	L*t/AP	>=	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0385</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>28.17 %</b>				

**a) Eje X-X**

Muros	Tipo	L (m)	t (m)	η	Ac (m <sup>2</sup> )
MX 1	Muro	3	0.13	1.00	0.39
MX 2	Muro	3	0.13	1.00	0.39
MX 3	Muro	18.19	0.13	1.00	2.36
MX 4	Muro	18.19	0.13	1.00	2.36
MX 5	Muro	4.51	0.13	1.00	0.59
MX 6	Muro	2.14	0.13	1.00	0.28
					<b>6.37</b>

L*t/AP →	0.0501	L*t/AP	>=	ZUSN/56	
ZUSN/56 →	0.03000	<b>0.0501</b>	>	<b>0.03000</b>	<b>Ok</b>
Porcentaje de seguridad →	<b>66.86 %</b>				

**Artículo 17.- Muros portantes**  
 Los muros portantes deberán tener:  
 • Una sección transversal preferentemente simétrica  
 • Continuidad vertical hasta la cimentación.  
 • Una longitud mayor o igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.  
 • Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.  
 • La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.

**19.1 MURO PORTANTE**  
 a) Espesor Efectivo "t". El espesor efectivo (ver 3.13) mínimo será:  
 $t \geq \frac{h}{20}$  Para las Zonas Sísmicas 2 y 3 (19.1a)  
 $t \geq \frac{h}{25}$  Para la Zona Sísmica 1  
 Donde "h" es la altura libre entre los elementos de armoste horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver 3.6).

**Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"**

SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

**Tabla N° 4 PERÍODOS "T<sub>p</sub>" Y "T<sub>L</sub>"**

Perfil de suelo	Períodos			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**Tabla N° 5**

Marca	IV	V
Lark	180	130
f <sub>b</sub> Lark	143.17	254.69
Právide	277.00	311.2

$T < T_p$  C = 2.5  
 $T_p < T < T_L$  C = 2.5 \* (T/T<sub>p</sub>)  
 $T > T_L$  C = 2.5 \* (T<sub>L</sub>/T)

**Tabla N° 6**

Proporción	Relación ac	Cemento (bolsa)	Arena (m <sup>3</sup> )	Agua (litros)
1:1	0,29	23,2	0,66	286
1:2	0,43	15,2	0,86	277
1:3	0,57	11,2	0,96	272
1:4	0,72	8,9	1,00	272
1:5	0,85	7,4	1,05	268
1:6	1,00	6,3	1,07	269
1:7	1,14	5,5	1,10	267
1:8	1,29	4,9	1,11	268

\* No se considera porcentaje de desperdicios.

**TABLA 7 RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA MPa (kg/cm<sup>2</sup>)**

Materia Prima	Clase	UNIDAD f <sub>b</sub>	PILAS f <sub>m</sub>	MURETES v <sub>m</sub>
Arcilla	Clase I - Artesanal	4.9 (50)	3.4 (35)	0.50 (5.1)
	Clase II - Artesanal	6.9 (70)	3.9 (40)	0.55 (5.6)
	Clase III - Artesanal	9.3 (95)	4.6 (47)	0.64 (6.5)
	Clase IV - Industrial	12.7 (130)	6.4 (65)	0.79 (8.1)
	Clase V - Industrial	17.6 (180)	8.3 (85)	0.90 (9.2)
Concreto	Industrial portante	17.5 (178)	7.0 (71)	0.44 (4.5)
Silíce-cal	Industrial portante	12.6 (129)	10.1 (103)	0.93 (9.5)

**Área de Corte de los Muros Reforzados**  $\sum L_i \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$  (19.2b)  
 Área de la Planta Típica A<sub>p</sub>

Donde: "Z", "U" y "S" corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.  
 "N" es el número de pisos del edificio;  
 "L" es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen); y;  
 "t" es el espesor efectivo del muro

## Figura 55

### Formato de instrumento 2

INSTRUMENTO 2. ESFUERZO MÁXIMO DE MUROS													
$f_m$ :	650		$t/m^2$										
$h$ :	2.5		m										
a) Eje X-X													
Muro	L (m)	t (m)	$\sigma$ ( $t/m^2$ )				$\sigma_{max}$ ( $t/m^2$ )	Observación	Refuerzo				
			Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1			Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1	
MX 1	3	0.13	12.2	23.8	35.8	49.0	90.8	Ok	No	No	Si	Si	
MX 2	3	0.13	13.8	25.7	38.4	51.9	90.8	Ok	No	No	Si	Si	
MX 3	18.19	0.13	11.1	21.6	31.3	40.4	90.8	Ok	No	No	No	Si	
MX 4	18.19	0.13	12.0	22.7	33.0	42.7	90.8	Ok	No	No	Si	Si	
MX 5	4.51	0.13	17.2	32.0	47.7	64.8	90.8	Ok	No	No	Si	Si	
MX 6	2.14	0.13	12.5	23.7	35.3	47.6	90.8	Ok	No	No	Si	Si	
b) Eje Y-Y													
Muro	L (m)	t (m)	$\sigma$ ( $t/m^2$ )				$\sigma_{max}$ ( $t/m^2$ )	Observación	Refuerzo				
			Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1			Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1	
MY 1	2.65	0.24	10.6	20.0	29.1	37.5	97.5	Ok	No	No	No	Si	
MY 2	2.19	0.24	10.0	19.6	28.4	36.6	97.5	Ok	No	No	No	Si	
MY 3	1.35	0.24	12.1	22.0	32.1	41.9	97.5	Ok	No	No	No	Si	
MY 4	4.25	0.24	13.7	28.2	42.7	57.9	97.5	Ok	No	No	Si	Si	
MY 5	2.96	0.24	13.5	24.2	34.9	45.5	97.5	Ok	No	No	Si	Si	
MY 6	7.00	0.24	10.8	21.1	31.2	41.0	97.5	Ok	No	No	No	Si	

#### Artículo 20.- Esfuerzo axial máximo

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) definido en 20.i deberá cumplir con las limitaciones indicadas en 20.ii y 20.iii.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \quad (20.i)$$

$$\sigma_m \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad (20.ii)$$

$$\sigma_m \leq 0,15 f'_m \quad (20.iii)$$

Donde:

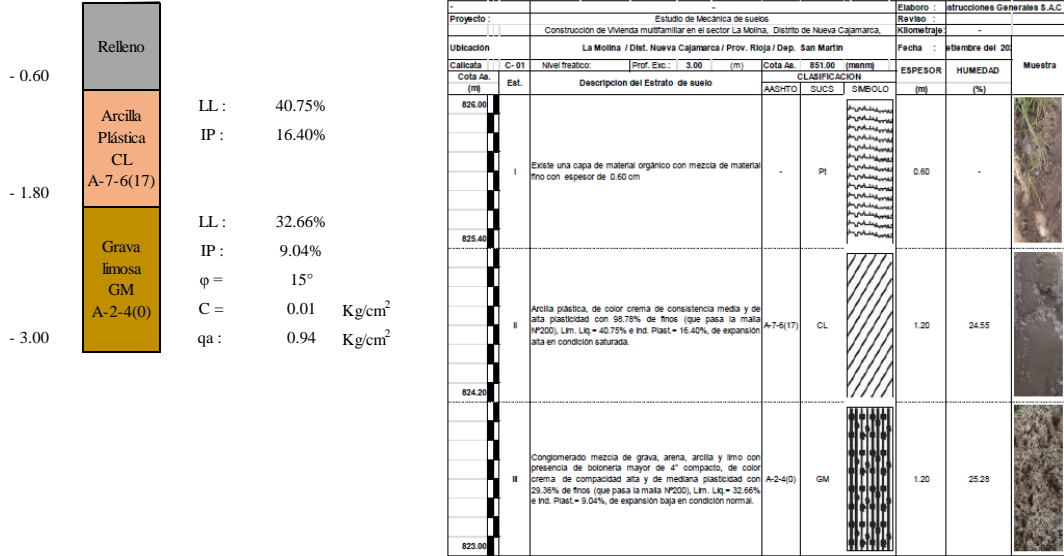
" $P_m$ " es la carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de sobrecarga  
" $L$ " es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados).

De no cumplirse estas limitaciones habrá que mejorar la calidad de la albañilería, aumentar el espesor del muro, o reducir la magnitud de la carga axial.

**Figura 56**

*Formato de instrumento 3*

**INSTRUMENTO 3. PROPIEADES RESISTENTES DEL SUELO**



Coeficiente de Poisson	μ :	0.31	-
Módulo de Elasticidad	E :	1019.72	Kg/cm <sup>2</sup>

Modelo de Pasternak		
Balasto horizontal	183.209	u/m <sup>3</sup>
Balasto Vertical	2136.44	u/m

*Zapata conectada o cimiento corrido sobre dos estrados*

$$C_1 = \frac{1}{\frac{h_1}{E_1} * (1 - \mu_1^2) + \frac{h_2}{E_2} * (1 - \mu_2^2)} \quad (13)$$

$$C_2 = \frac{1}{6 * (1 + \epsilon_1)^2} * \left[ \frac{E_1 * h_1}{(1 + \mu_1)} * (3 + 3\epsilon_1 + \epsilon_1^2) + \frac{E_2 * h_2}{(1 + \mu_2)} \right] \quad (14)$$

donde  $\epsilon_1 = \frac{E_2}{E_1} * \frac{1 - \mu_1^2}{1 - \mu_2^2} * \frac{h_1}{h_2} \quad (15)$

*Plataea o lasa de cimentación sobre un estrato*

$$C_1 = \frac{E_1}{h_1 * (1 - 2 * \mu_1^2)} \quad (16)$$

$$C_2 = \frac{E_1 * h_1}{6 * (1 - \mu_1)} \quad (17)$$

## Figura 57

### Formato del instrumento 4

#### INSTRUMENTO 4. FUERZAS INTERNAS DEL EDIFICIO

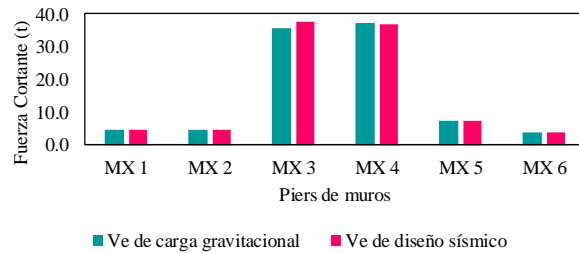
En la dirección X-X

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)
MX 1	0.5	0.6	1.8	2.4	3.0	4.5	4.5	7.8
MX 2	0.4	0.5	1.6	2.1	2.8	4.2	4.5	7.9
MX 3	14.4	24.0	25.7	52.6	33.4	83.3	35.7	115.7
MX 4	15.8	26.2	27.7	55.4	35.6	83.9	37.4	110.4
MX 5	1.3	1.4	3.6	4.7	5.4	8.7	7.2	14.2
MX 6	0.4	0.5	1.5	2.1	2.5	3.6	3.6	5.7

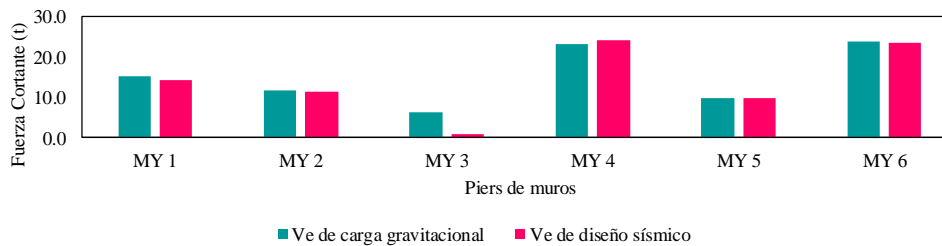
En la dirección Y-Y

Muro	Piso 4		Piso 3		Piso 2		Piso 1	
	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)	$V_e$ (t)	$M_e$ (t-m)
MY 1	4.2	5.0	8.9	12.4	12.3	20.2	15.1	29.8
MY 2	3.7	4.4	7.0	9.6	9.3	14.5	11.9	21.7
MY 3	2.2	2.8	3.7	5.1	4.8	7.0	6.2	9.9
MY 4	10.1	12.4	17.8	27.9	22.8	44.3	23.2	59.4
MY 5	2.3	2.9	5.2	8.0	7.5	13.4	9.7	20.4
MY 6	10.6	17.9	18.3	39.8	22.9	65.0	23.9	89.9

Fuerzas cortantes mediante carga gravitacional y diseño sísmico - Piso 1



Fuerzas cortantes mediante carga gravitacional y diseño sísmico - Piso 1



**Figura 58**

*Formato de instrumento 5*

INSTRUMENTO 5. CONTROL DE FISURACIÓN														
v'm →	80.6	t/m <sup>2</sup>												
Muro	L (m)	t (m)	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55*Vm(t)	Verificación	V <sub>m1</sub> /V <sub>e1</sub>	V <sub>u1</sub>	M <sub>u1</sub>	Refuerzo	Muro
MX 1	3.000	0.13	17.185	4.6266	14.9307	0.930	18.563	10.210	No fisura	3.000	13.880	44.792	No	Agrietado
MX 2	3.000	0.13	18.0405	4.5223	15.2834	0.888	18.101	9.956	No fisura	3.000	13.567	45.850	No	Agrietado
MX 3	18.190	0.13	87.6474	37.7308	237.7242	1.000	115.456	63.501	No fisura	3.000	113.192	713.173	No	Agrietado
MX 4	18.190	0.13	92.4029	36.7241	251.7329	1.000	116.550	64.103	No fisura	3.000	110.172	755.199	No	Agrietado
MX 5	4.510	0.13	33.5239	7.4284	26.4874	1.000	31.338	17.236	No fisura	3.000	22.285	79.462	No	Agrietado
MX 6	2.140	0.13	12.0285	3.5861	10.4363	0.735	11.011	6.056	No fisura	3.000	10.758	31.309	No	Agrietado
Sismo moderado									Sismo severo					
311.020									186.4952					
Ok														
Muro	L (m)	t (m)	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55*Vm(t)	Verificación	V <sub>m1</sub> /V <sub>e1</sub>	V <sub>u1</sub>	M <sub>u1</sub>	Refuerzo	Muro
MY 1	2.650	0.24	21.8987	14.3777	35.6592	1.000	30.668	16.867	No fisura	2.133	43.133	106.978	Sí	Agrietado
MY 2	2.200	0.24	17.6843	11.3071	25.2369	0.986	25.041	13.773	No fisura	2.215	33.921	75.711	Sí	Agrietado
MY 3	1.500	0.24	12.3643	0.7624	0.7023	1.000	17.352	9.543	No fisura	3.000	2.287	2.107	No	Agrietado
MY 4	4.600	0.24	52.9641	24.0018	78.8144	1.000	56.673	31.170	No fisura	2.361	72.005	236.443	Sí	Agrietado
MY 5	3.110	0.24	29.4797	9.9495	28.832	1.000	36.860	20.273	No fisura	3.000	29.849	86.496	No	Agrietado
MY 6	7.000	0.24	63.4758	23.6017	146.044	1.000	82.303	45.267	No fisura	3.000	70.805	438.132	No	Agrietado
Sismo moderado									Sismo severo					
248.897									170.738					
Ok														

**Unidades de Arcilla y de Concreto:**  $V_m = 0,5 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$

**Unidades Silico-calcareas:**  $V_m = 0,35 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$

donde:

$V_m$  = resistencia característica a corte de la albañilería (ver 5.1.8 y 5.1.9).

$P_g$  = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 Diseño Sismorresistente)

$t$  = espesor efectivo del muro (ver 2.1.13)

$L$  = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

$\alpha$  = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

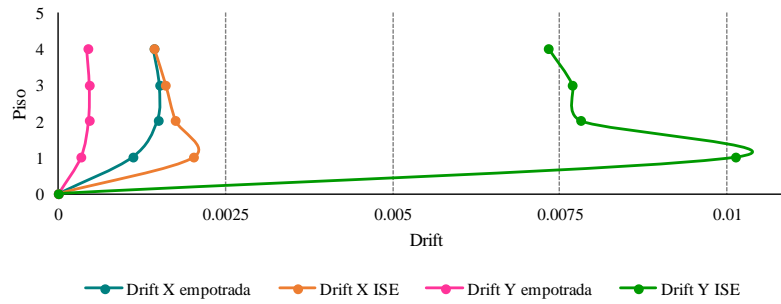
$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1 \quad (8.5.3)$$

**Figura 59**

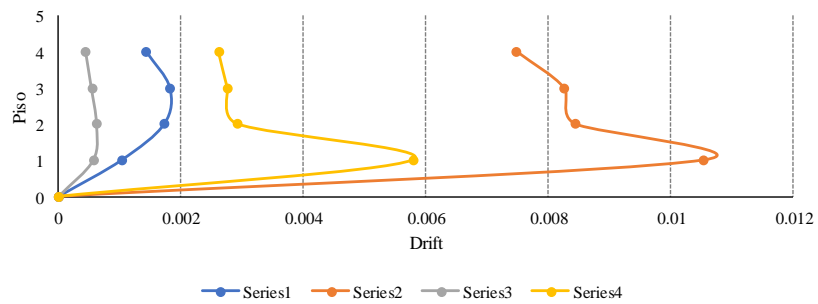
*Formato de instrumento 6*

**INSTRUMENTO 6. CONTROL DE DERIVAS**

Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
4	0.001421	0.001432	0.000429	0.007327	29%	147%
3	0.001511	0.001602	0.000469	0.007684	32%	154%
2	0.001481	0.001752	0.000457	0.007816	35%	156%
1	0.001108	0.002022	0.000342	0.01012	40%	202%
0	0	0	0	0	0	0



Piso	Drift X		Drift Y		% excedencia (>0.005)	
	Empotrada	Pasternak	Empotrada	Pasternak	ISE X	ISE Y
4	0.001423	0.007475	0.000441	0.002609	150%	52%
3	0.00181	0.008249	0.000536	0.002755	165%	55%
2	0.001722	0.008432	0.000622	0.002919	169%	58%
1	0.001025	0.010517	0.000571	0.005779	210%	116%
0	0	0	0	0	0	0



iii) **Anexos: estudio de suelos y planos del edificio**



Proyecto:	Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia Rioja - Departamento San Martín		
Sector:	La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín		
Muestra:	Calicata N° 01 - Capa N° 02		
Material:	Arcilla plástica semi compacto, de color marrón		
Para Uso :	Construcción de Vivienda - Comercial	Kilometraje:	-
Perforación:	Cielo Abierto	Prof. de Muestra:	0.60 - 1.80 m.
Hecho Por:	C.E.R.P. Construcciones Generales S.A.C	Fecha:	Setiembre del 2022

**DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL ASTM D - 2216**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	24.85	24.74	24.65
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	154.25	152.54	152.25
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	128.65	127.42	127.12
PESO DEL AGUA grs	25.60	25.12	25.13
PESO DEL SUELO SECO grs	103.80	102.68	102.47
% DE HUMEDAD	24.66	24.46	24.52
PROMEDIO % DE HUMEDAD	24.55		

**PESO ESPECÍFICO ASTM D - 854**

LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO SUELO SECO				grs.
PESO SUELO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL SUELO				cm3
PESO ESPECIFICO				grs./cm3
PROMEDIO				grs./cm3

**PESO UNITARIO SUELTO ASTM D - 4253**

ENSAYO	1	2	3	
PESO MOLDE + MATERIAL				grs.
PESO DE MOLDE				grs.
PESO DE MATERIAL				grs.
VOLUMEN DE MOLDE				grs.
PESO UNITARIO				%
PROMEDIO				%

Proyecto: Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia, Rioja - Departamento San Martín  
 Localización: La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín  
 Muestra: Calicata Nº 01 - Capa Nº 02  
 Material: Arcilla plástica semi compacto, de color marrón  
 Para Uso: Construcción de Vivienda - Comercial  
 Perforación: Cielo Abierto  
 Kilometraje: -  
 Profundidad de Muestra: 0.60 - 1.80 m.  
 Fecha: Setiembre del 2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D - 422**

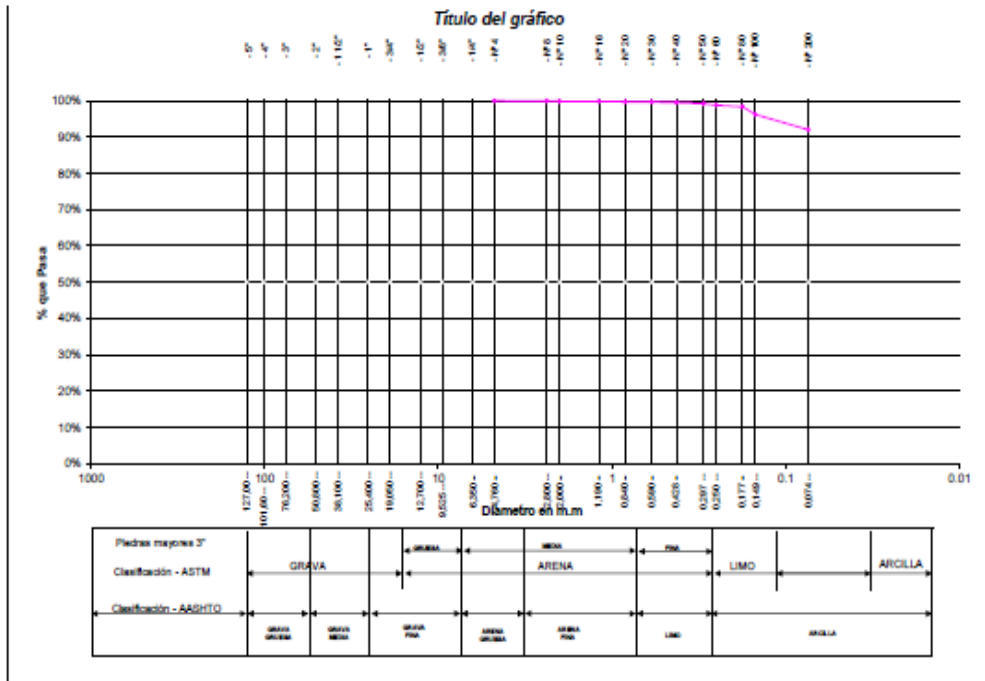
Tamices	Ø (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
5"	127.00					
4"	101.50					
3"	76.20					
2"	50.80					
1 1/2"	38.10					
1"	25.40					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
Nº 4	4.750	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
Nº 8	2.380	0.35	0.06%	0.06%	99.94%	
Nº 10	2.000	0.43	0.08%	0.14%	99.86%	
Nº 16	1.190	0.25	0.05%	0.19%	99.81%	
Nº 20	0.840	0.58	0.10%	0.29%	99.71%	
Nº 30	0.590	0.28	0.05%	0.34%	99.66%	
Nº 40	0.426	1.01	0.18%	0.52%	99.48%	
Nº 50	0.297	1.34	0.27%	0.79%	99.21%	
Nº 60	0.250	2.35	0.42%	1.21%	98.79%	
Nº 80	0.177	2.45	0.43%	1.64%	98.36%	
Nº 100	0.149	12.25	2.17%	3.81%	96.19%	
Nº 200	0.074	23.65	4.19%	8.01%	91.99%	
Fondo	0.01	519.08	91.99%	100.00%	0.00%	
PESO INICIAL		564.25				

Tamaño Máximo:	
Módulo de Finiza AF:	
Equivalente de Arena:	
Descripción Muestra:	Arcilla plástica
SUCS =	CL
AASHTO =	A-7-6(17)
LL =	40.75
LP =	24.35
IP =	16.40
IG =	
WT =	
WT+SAL =	
WSAL =	
WT+SDL =	
WSDL =	
D 90 =	91.99
D 60 =	
D 30 =	
D 10 =	
%ARC. =	
%ERR. =	
Co =	
Cu =	

Observaciones:

Arcilla plástica, de color negro de consistencia media y de alta plasticidad con 98.79% de finos (que pasa la malla Nº200), Lim. Líq. = 40.75% e Ind. Plast. = 16.40%, de expansión alta en condición saturada.

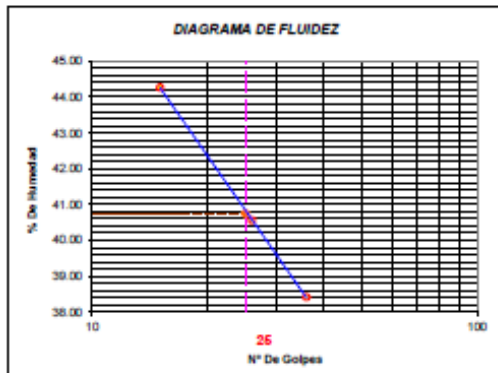




Proyecto:	Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia Rioja - Departamento San	Perforación:	Cielo Abierto
Localización:	La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín	Kilometraje:	-
Muestra:	Calicata Nº 01 - Capa Nº 02	Profundidad de la Muestra:	0.60 - 1.80 m.
Material:	Arcilla plástica semi compacto, de color marrón	Fecha:	Setiembre del 2022
Para Uso:	Construcción de Vivienda - Comercial		

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO - ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	14.06	14.55	14.65
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43.26	42.34	42.26
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34.30	34.25	34.59
PESO DEL AGUA grs	8.96	7.99	7.66
PESO DEL SUELO SECO grs	20.24	19.70	19.94
% DE HUMEDAD	44.27	40.56	38.42
NUMERO DE GOLPES	15	26	36



Indice de Flujo FI	
Limite de contracción (%)	
Limite Liquido (%)	40.75
Limite Plástico (%)	24.35
Indice de Plasticidad Ip (%)	16.40
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6(17)
Indice de consistencia Ic	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO - ASTM D - 4318**

LATA	1	2
PESO DE LATA grs	10.26	7.44
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	19.75	16.63
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	17.90	14.83
PESO DEL AGUA grs	1.86	1.80
PESO DEL SUELO SECO grs	7.64	7.39
% DE HUMEDAD	24.35	24.36
% PROMEDIO	24.35	

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

**PROYECTO :** Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia Rioja - Departamento San Martín

**UBICACIÓN :** Nueva Cajamarca / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín

**MUESTRA :** Calicata N° 01 - Capa N° 03      **DESCRIP. DEL SUELO:** Grava limosa

**FECHA :** Setiembre del 2022      **ESTADO DEL SUELO:** Inalterado

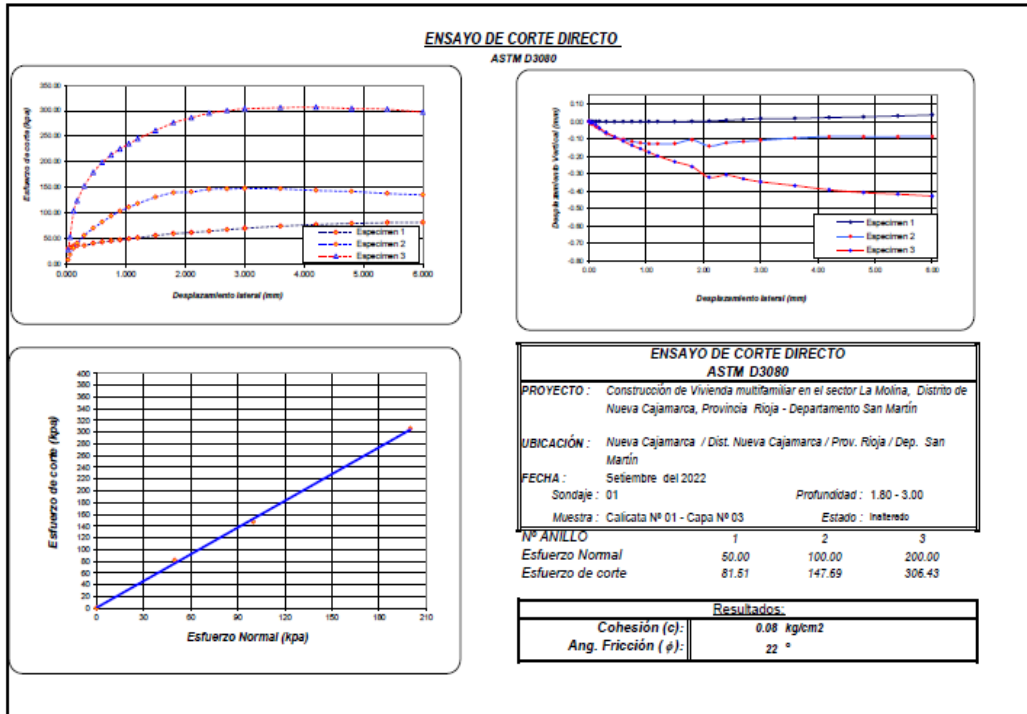
**KILOMETRAJE :**

Sondeo : 01      Profundidad : 1.80 - 3.00      Velocidad : 0.5 mm/min  
Muestra : 02      Estado : Inalterado      Clasificación SUCS : GM

ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3
Altura: 25.00 mm	Altura: 25.00 mm	Altura: 25.00 mm
Lado: 60.00 mm	Lado: 60.00 mm	Lado: 60.00 mm
D. Seca: 1.50 g/cm <sup>3</sup>	D. Seca: 1.49 g/cm <sup>3</sup>	D. Seca: 1.50 g/cm <sup>3</sup>
Humedad: 25.09 %	Humedad: 25.75 %	Humedad: 25.02 %
Esf. Normal: 50.0 kpa	Esf. Normal: 100.00 kpa	Esf. Normal: 200.00 kpa
Esf. Corte: 81.51 kpa	Esf. Corte: 147.89 kpa	Esf. Corte: 308.43 kpa

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kpa)	Desp. Vertical (mm)	Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kpa)	Desp. Vertical (mm)	Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kpa)	Desp. Vertical (mm)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000
0.030	30.37	0.000	0.030	8.49	-0.012	0.030	28.16	-0.007
0.060	32.39	0.000	0.060	18.66	-0.018	0.060	52.99	-0.007
0.120	35.62	0.000	0.120	31.13	-0.031	0.120	103.87	-0.019
0.180	36.22	0.000	0.180	40.78	-0.043	0.180	124.10	-0.037
0.300	36.36	-0.002	0.300	56.14	-0.071	0.300	152.77	-0.063
0.450	40.52	-0.002	0.450	70.01	-0.089	0.450	179.26	-0.089
0.600	43.34	-0.001	0.600	82.02	-0.103	0.600	198.66	-0.113
0.750	45.16	-0.001	0.750	93.63	-0.115	0.750	213.44	-0.137
0.900	47.31	-0.001	0.900	103.51	-0.123	0.900	225.15	-0.157
1.050	49.53	-0.001	1.050	111.13	-0.128	1.050	235.07	-0.177
1.200	51.61	-0.001	1.200	118.41	-0.128	1.200	244.80	-0.198
1.500	55.98	-0.001	1.500	130.88	-0.127	1.500	261.06	-0.231
1.800	59.61	0.000	1.800	139.55	-0.106	1.800	276.16	-0.259
2.100	61.89	0.002	2.100	141.05	-0.141	2.100	286.08	-0.320
2.400	64.38	0.006	2.400	146.19	-0.123	2.400	295.04	-0.307
2.700	67.47	0.011	2.700	146.83	-0.115	2.700	300.03	-0.329
3.000	70.02	0.016	3.000	147.69	-0.109	3.000	303.55	-0.346
3.600	74.26	0.017	3.600	147.06	-0.096	3.600	305.86	-0.368
4.200	77.21	0.022	4.200	144.00	-0.087	4.200	306.43	-0.392
4.800	79.63	0.026	4.800	141.97	-0.087	4.800	304.19	-0.408
5.400	81.11	0.031	5.400	138.10	-0.087	5.400	302.78	-0.417
6.000	81.51	0.037	6.000	135.10	-0.086	6.000	297.09	-0.428

OBSERVACIONES:



G.- ASENTAMIENTO ( $S_i$ )

Presión por carga admisible	$q_{adm}$	=	0.94	Kg/cm <sup>2</sup>	$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$
Relación de Poisson	$\mu$	=	0.15		
Módulo de Elasticidad	$E_s$	=	800	Kg/cm <sup>2</sup>	
Asentamiento permisible	$S_{i(max)}$	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.00	m	
Factor de forma	$I_f$	=	1.01	m/m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\sigma_c}$
Asentamiento	$S_i$	=	0.001	m	
Asentamiento	$S_i$	=	0.124	cm	
Presión por carga	$q_{adm}$	=	0.94	Kg/cm <sup>2</sup>	
Presión de carga asumida por asentami	$q_{adm}$	=	1.00	Kg/cm <sup>2</sup>	
	$S_i$	=	0.116	cm	OK !
	$S_i$	=	0.12	cm	OK !

**Proyecto:** Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia  
Rioja - Departamento San Martín  
**Sector:** La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín  
**Muestra:** Calicata N° 01 - Capa N° 03  
**Material:** Grava limosa con presencia de rocas mayores de 4" compacto, de color crema  
**Para Uso :** Construcción de Vivienda - Comercial **Kilometraje:** -  
**Perforación:** Cielo Abierto **Prof. de Muestra:** 1.80 - 3.00 m.  
**Hecho Por:** C.E.R.P Construcciones Generales S.A.C **Fecha:** Setiembre del 2022

**DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL ASTM D - 2216**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	25.38	24.57	24.65
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	119.92	118.19	118.25
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	100.96	99.02	99.52
PESO DEL AGUA grs	18.96	19.17	18.73
PESO DEL SUELO SECO grs	75.58	74.45	74.87
% DE HUMEDAD	25.09	25.75	25.02
PROMEDIO % DE HUMEDAD	25.28		

**PESO ESPECÍFICO ASTM D - 854**

LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO SUELO SECO				grs.
PESO SUELO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL SUELO				cm3
PESO ESPECIFICO				grs./cm3
PROMEDIO				grs./cm3

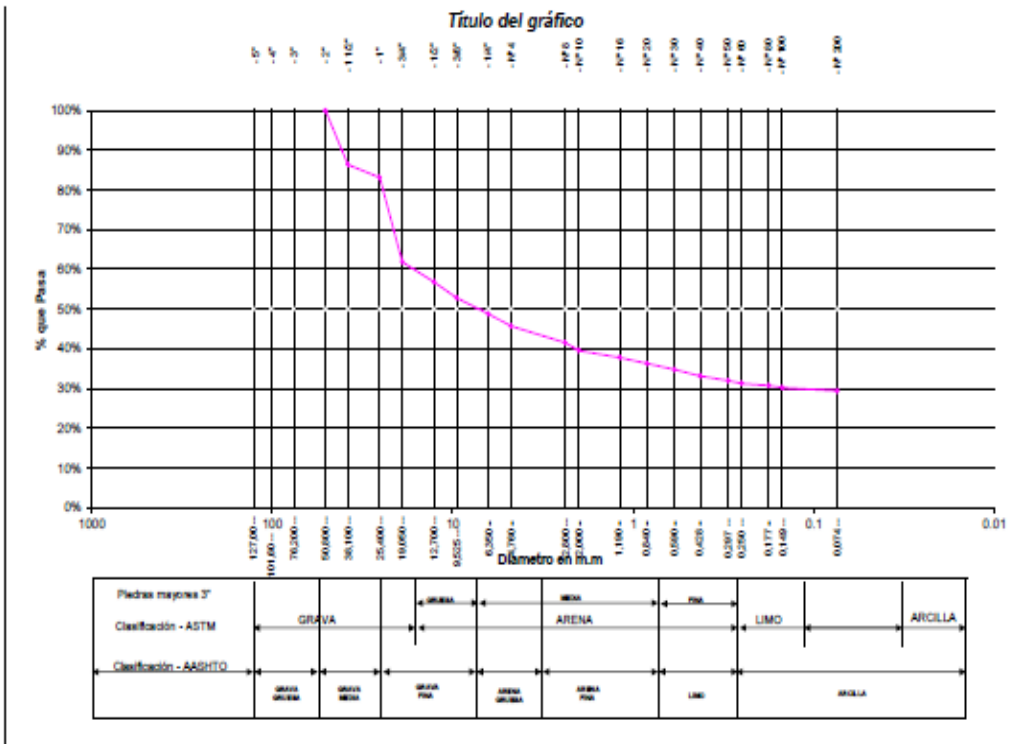
**PESO UNITARIO SUELTO ASTM D - 4253**

ENSAYO	1	2	3	
PESO MOLDE + MATERIAL				grs.
PESO DE MOLDE				grs.
PESO DE MATERIAL				grs.
VOLUMEN DE MOLDE				grs.
PESO UNITARIO				%
PROMEDIO				%

**Proyecto:** Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia Rioja - Departamento San Martín  
**Localización:** La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín **Perforación:** Cielo Abierto  
**Muestra:** Calicata Nº 01 - Capa Nº 03 **Kilometraje:** -  
**Material:** Grava limosa con presencia de rocas mayores de 4" compacto, de color crema **Profundidad de Muestra:** 1.80 - 3.00 m.  
**Para Uso:** Construcción de Vivienda - Comercial **Fecha:** Setiembre del 2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D - 422**

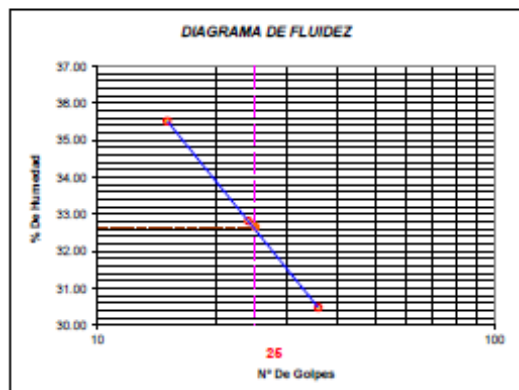
Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5"	127.00					Modulo de Finesa AF:
4"	101.50					Modulo de Finesa AG:
3"	78.20					Equivalente de Arena:
2"	50.80	0.00%	0.00%	100.00%		Descripción Muestra:
1 1/2"	38.10	112.36	13.62%	86.38%		Conglomerado
1"	25.40	26.65	3.23%	16.85%		SUCS = GM AASHTO = A-2-4(0)
3/4"	19.050	175.21	21.24%	38.09%		LL = 32.66 WT =
1/2"	12.700	42.36	5.13%	43.22%		LP = 23.62 WT+SAL =
3/8"	9.525	32.65	3.96%	47.18%		IP = 9.12 Wp =
1/4"	6.350	33.25	4.03%	51.21%		IG = WT+SDL =
Nº 4	4.760	25.65	3.11%	54.32%		WSL = 45.68%
Nº 8	2.380	34.25	4.15%	58.47%		D 90 = %ARC. = 29.36
Nº 10	2.000	16.36	1.98%	60.45%		D 60 = %ERR. =
Nº 16	1.190	14.52	1.76%	62.21%		D 30 = Co =
Nº 20	0.840	12.36	1.50%	63.71%		D 10 = Cu =
Nº 30	0.590	12.74	1.54%	65.26%		Observaciones:
Nº 40	0.426	13.36	1.62%	66.88%		
Nº 60	0.297	9.55	1.17%	68.04%		
Nº 80	0.250	5.74	0.70%	68.74%		Conglomerado mezcla de grava, arena, arcilla y limo con presencia de bolsones mayor de 4" compacto, de color crema de compactación alta y de mediana plasticidad con 29.36% de finos (que pasa la malla Nº20), Lim. Líq = 32.66% e Ind. Plast = 9.04%, de expansión baja en condición normal.
Nº 100	0.177	4.35	0.53%	69.27%		
Nº 200	0.140	4.27	0.52%	69.79%		
Fondo	0.074	6.98	0.85%	70.64%		
PESO INICIAL	825.00	29.36%	100.00%	0.00%		



**Proyecto:** Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia Ríjia - Departamento San Martín  
**Localización:** La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Ríjia / Dep. San Martín  
**Muestra:** Calicata Nº 01 - Capa Nº 03  
**Material:** Grava limosa con presencia de rocas mayores de 4" compacto, de color cre  
**Para Uso:** Construcción de Vivienda - Comercial  
**Perforación:** Cielo Abierto  
**Kilometraje:** -  
**Profundidad de la Muestra:** 1.80 - 3.00 m.  
**Fecha:** Setiembre del 2022

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO ASTM D - 4318**

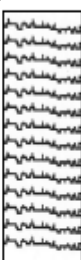



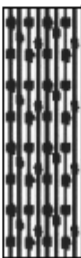

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	13.65	14.52	14.52
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	37.65	38.52	39.65
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	31.36	32.59	33.78
PESO DEL AGUA grs	6.29	5.93	5.87
PESO DEL SUELO SECO grs	17.71	18.07	19.26
% DE HUMEDAD	35.52	32.82	30.48
NUMERO DE GOLPES	15	24	36



Indice de Flujo FI	
Limite de contracción (%)	
Limite Líquido (%)	32.66
Limite Plástico (%)	23.62
Indice de Plasticidad Ip (%)	9.04
Clasificación SUCS	GM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	

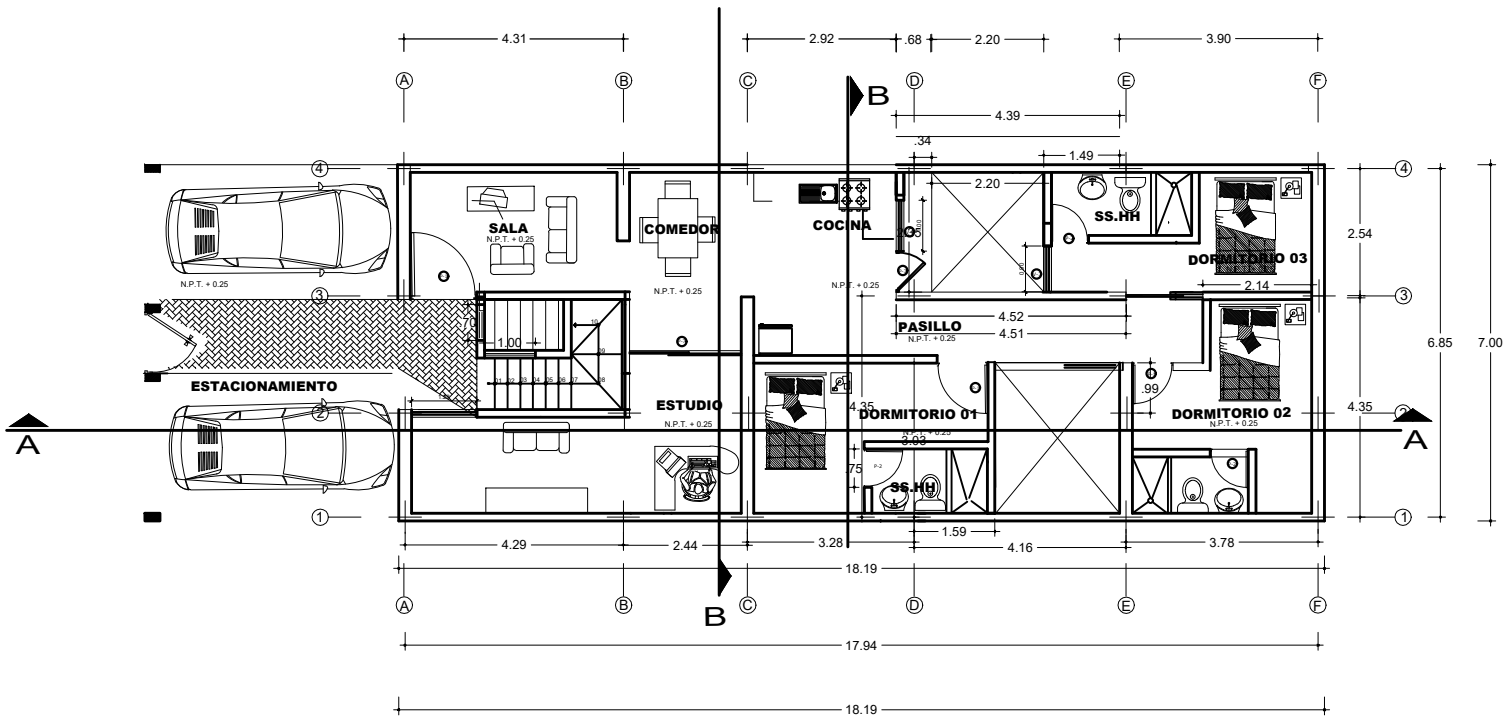
**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO ASTM D - 4318**

LATA	1	2
PESO DE LATA grs	8.25	7.65
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	21.36	22.52
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	18.88	19.65
PESO DEL AGUA grs	2.48	2.87
PESO DEL SUELO SECO grs	10.63	12.00
% DE HUMEDAD	23.33	23.92
% PROMEDIO	23.62	

REGISTRO DE EXCAVACION										
Proyecto :		Estudio de Mecánica de suelos Construcción de Vivienda multifamiliar en el sector La Molina, Distrito de Nueva Cajamarca,				Elaboro : hstrucciones Generales S.A.C		Revisó :		
Ubicación		La Molina / Dist. Nueva Cajamarca / Prov. Rioja / Dep. San Martín				Kilometraje: -		Fecha : setiembre del 202		
Callecota C-01		Nivel freático:	Prof. Exc.: 3.00 (m)	Cota As. 851.00 (manm)	ESPEJOR		HUMEDAD		Muestra	
Cota As. (m)	Est.	Descripción del Estrato de suelo			CLASIFICACION		(m)	(%)		
		AASHTO	SUCS	SIMBOLO						
826.00	I	Existe una capa de material orgánico con mezcla de material fino con espesor de 0.60 cm			-	PT		0.60	-	
825.40	II	Arcilla plástica, de color crema de consistencia media y de alta plasticidad con 98.78% de finos (que pasa la malla N°200), Lim. Liq.= 40.75% e Ind. Plast.= 16.40%, de expansión alta en condición saturada.			A-7-6(17)	CL		0.80	24.55	
824.60	III	Conglomerado mezcla de grava, arena, arcilla y limo con presencia de bolonera mayor de 4" compacto, de color crema de compactidad alta y de mediana plasticidad con 29.36% de finos (que pasa la malla N°200), Lim. Liq.= 32.66% e Ind. Plast.= 9.04%, de expansión baja en condición normal.			A-2-4(D)	GM		1.60	25.28	
823.00										

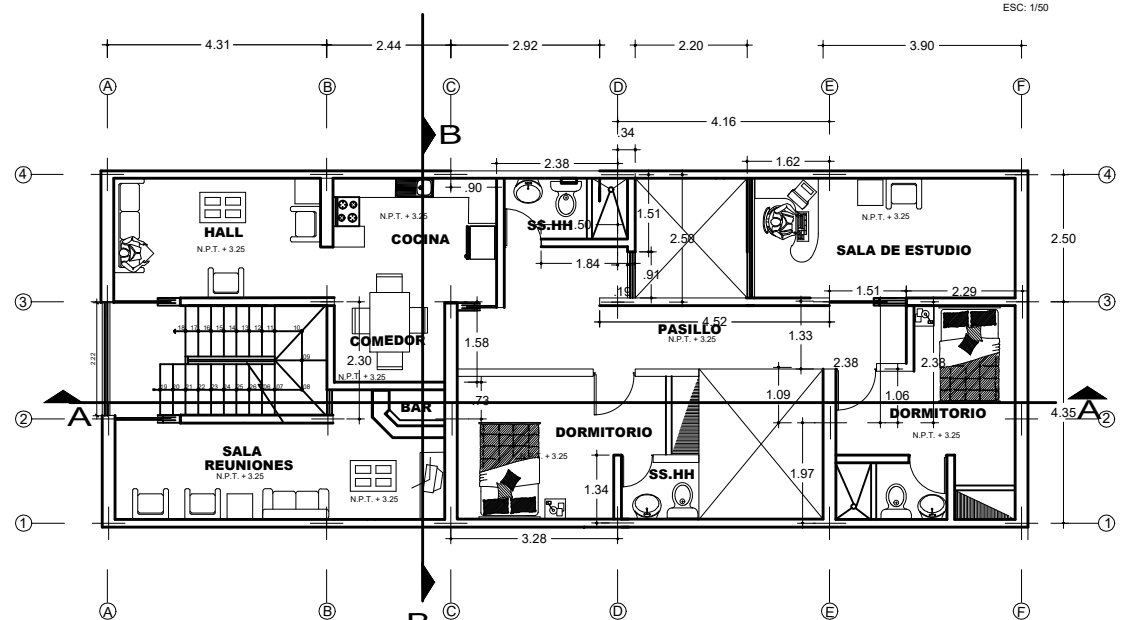
**OBSERVACIONES:** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas ASTM, (registro sin escala)





Planta típica - Piso 1

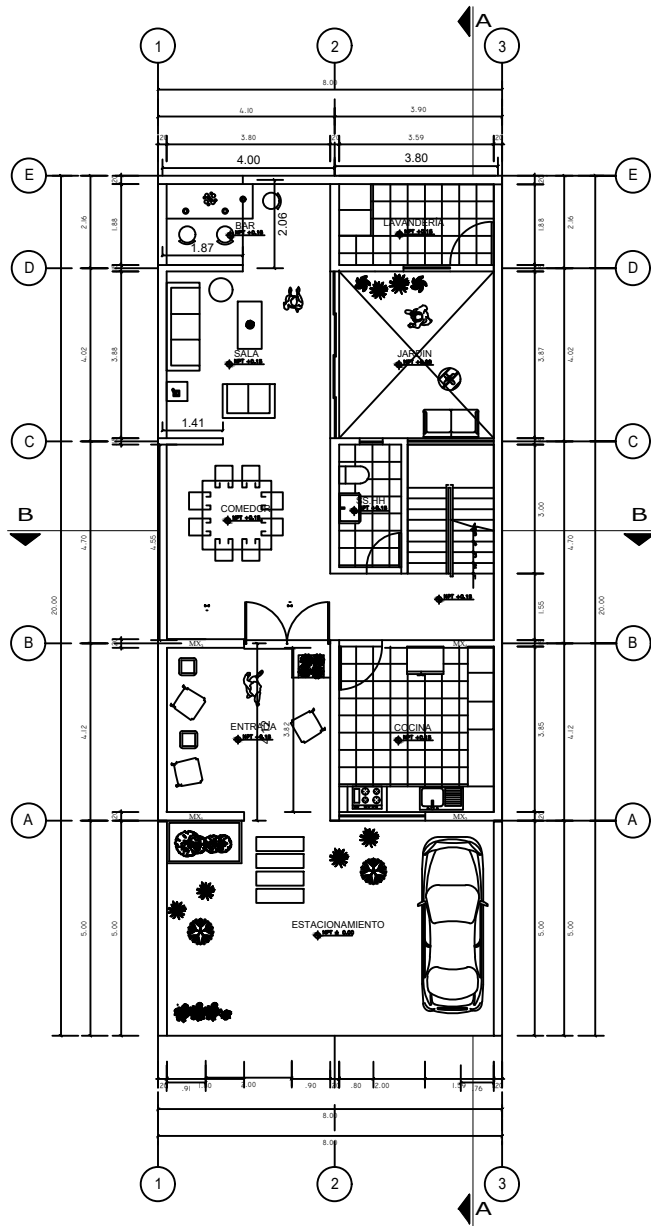
ESC: 1/50



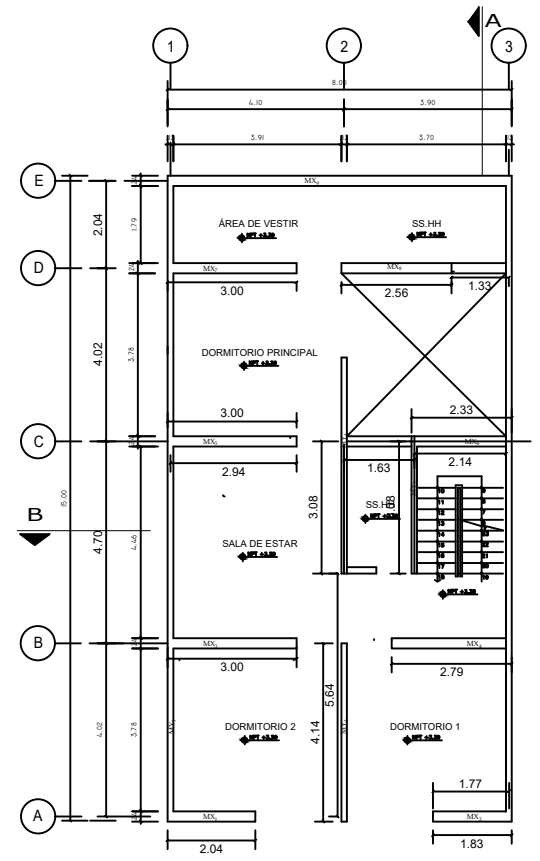
Planta típica - Piso 2 - 4

ESC: 1/50

BACH. : DANIEL YAJAHUANCA CÓRDOVA		DIBUJO: DYC
PROYECTO DE TESIS		LAMINA
PLANO : ARQUITECTURA PLANTA		A-1
ALBAÑILERIA CONFINADA	UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE	
ESCALA : 1/50	FECHA : MARZO 2024	ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL

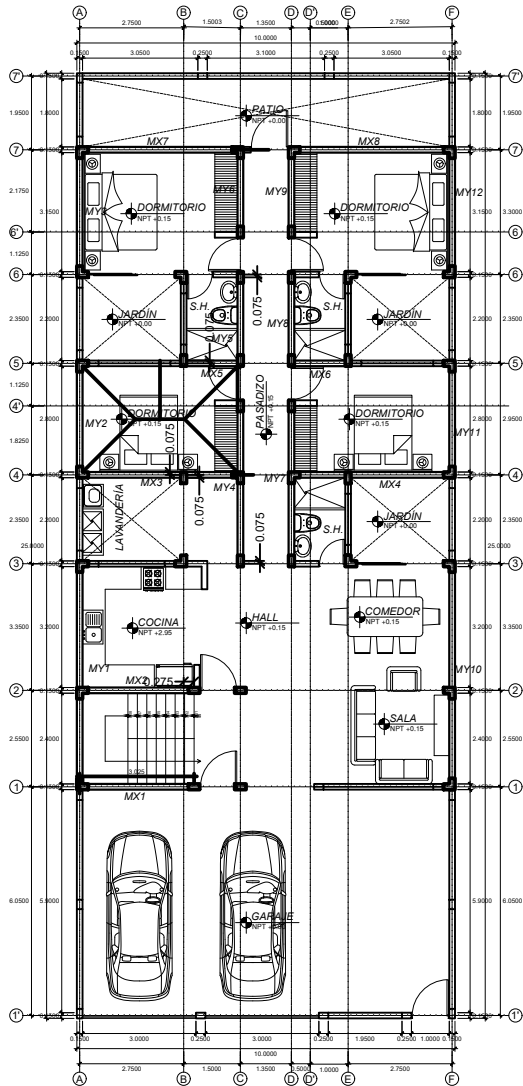


PLANTA PRIMER PISO  
escala 1/75

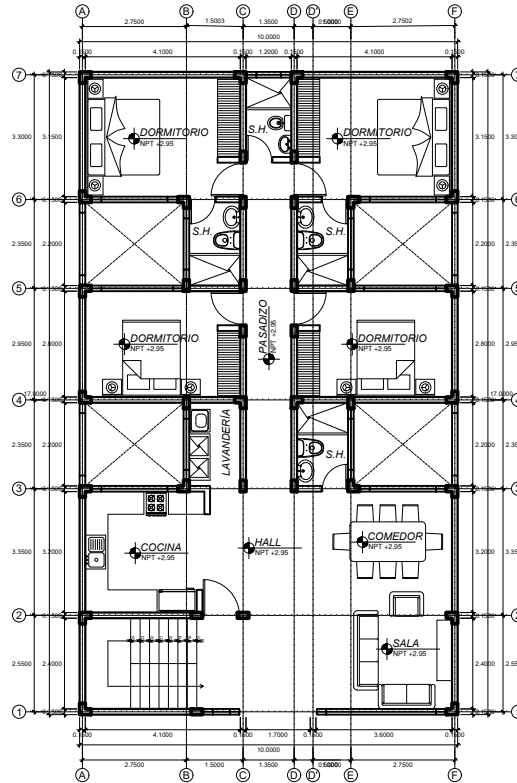


PLANTA TÍPICA 2 - 4  
escala 1/75

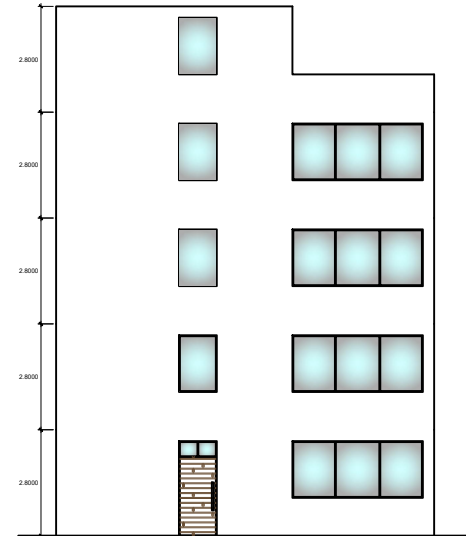
BACH. : DANIEL YAJAHUANCA CÓRDOVA			DIBUJO: DYC
PROYECTO DE TESIS			LAMINA
PLANO : ARQUITECTURA PLANTA			A-1
ALBAÑILERIA CONFINADA	UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE	ESCALA : INDICADA	FECHA : MARZO 2024
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL			



ARQUITECTURA - 1° PISO  
Esc. 1/200

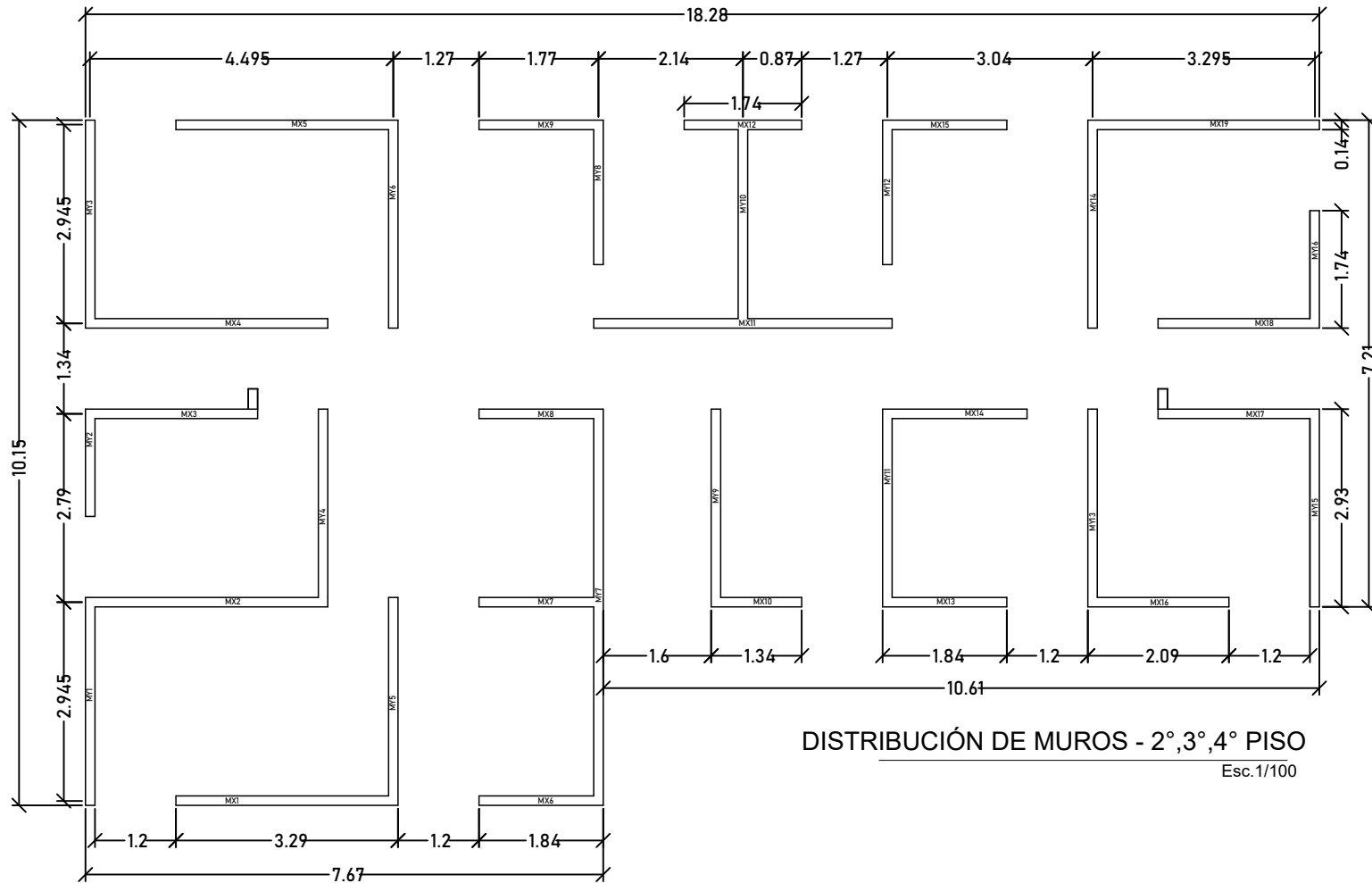


ARQUITECTURA - 2° 3° 4° PISO  
Esc. 1/200



ELEVACIÓN FRONTAL  
Esc. 1/200

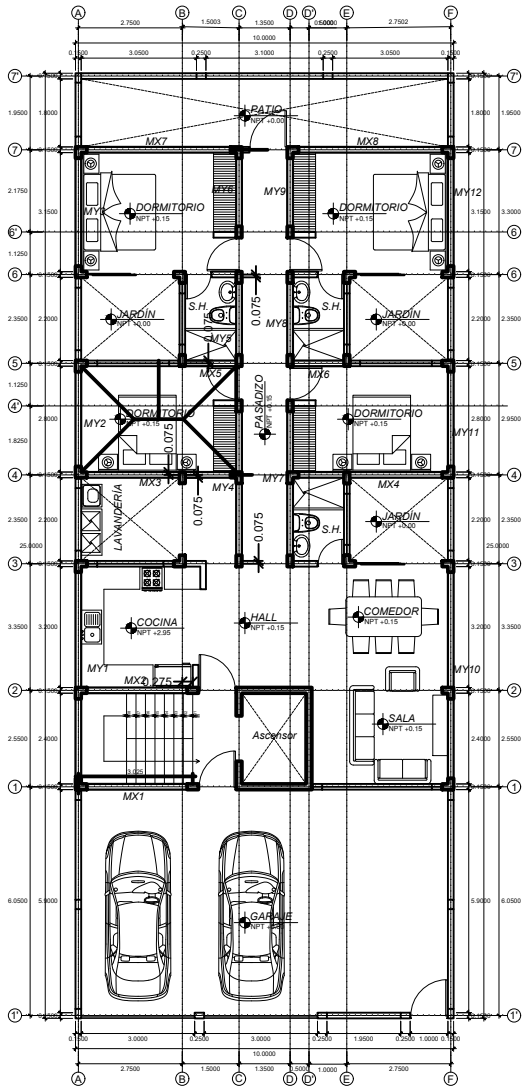
BACH. : DANIEL YAJAHUANCA CÓRDOVA		DIBUJAD: DVC
PROYECTO DE TESIS		LAMINA
PLANO : ARQUITECTURA PLANTA		A-1
ALBAÑILERIA CONFINADA	UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE	
ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2024	ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL



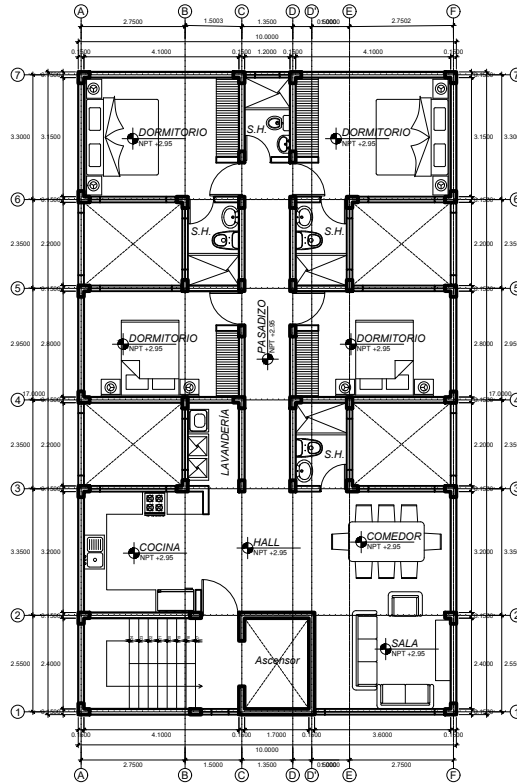
DISTRIBUCIÓN DE MUROS - 2°,3°,4° PISO  
Esc.1/100

BACH. : DANIEL YAJAHUANCA CÓRDOVA		
PROYECTO DE TESIS		DIBUJO: DYC
PLANO : ARQUITECTURA PLANTA		LÁMINA
ALBAÑILERIA CONFINADA	UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE	
ESCALA : INDICADA	FECHA : MARZO 2024	ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL

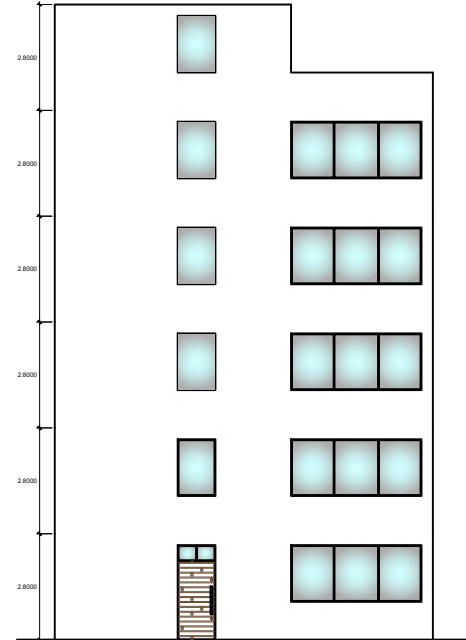
A-1



ARQUITECTURA - 1° PISO  
Esc. 1/200



ARQUITECTURA - 2°, 3°, 4°, 5° PISO  
Esc. 1/200



ELEVACIÓN FRONTAL  
Esc. 1/200

BACH. : DANIEL YAJAHUANCA CÓRDOVA		DIBUJO: DYC
PROYECTO DE TESIS		LÁMINA
PLANO : ARQUITECTURA PLANTA		A-1
ALBAÑILERÍA CONFIRMADA	UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE	
ESCALA : INDICADA	FECHA : MARZO 2024	ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL